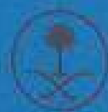
المملكة العربية السعودية

المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

كتب تعليمية فنية

تكنولوجيا المركبات الآلية

الصف الأول والثاني والثالث



هدية من المملكة العربية السعودية

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

كتب تعليمية فنية

تكنولوجيا المركبات الآلية

الصف الأول والثاني والثالث
للمعاهد الثانوية الصناعية
والمعاهد الفنيّة

تأليف
الأستاذ فريدريك نيس - رودي كيرجر
رولف بيكر - برنهارد فيللينبوخر
فيلهيلم ولف



هديّة من المملكة العَربيّة السّعُوديّة

2nd Arabic Edition 1985
ISBN 3-88301-009-X

Title of the original German edition:

«Kraftfahrzeugtechnik - Fachbuch für Kfz-Mechaniker»
2nd edition
Copyright 1972: Ernst Klett Verlag, Stuttgart/Federal Republic of Germany

Translation and Production:
Ernst Klett Printers (Interpart)
Stuttgart/Federal Republic of Germany

By order of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH – German Agency for Technical Cooperation, Ltd. (GTZ) – within the scope of the technical co-operation between the Kingdom of Saudi Arabia and the Federal Republic of Germany

Typeset and printed in the Federal Republic of Germany

الطبعة الثانية باللغة العربية ١٩٨٥
ISBN 3-88301-009-X

عنوان الطبعة الأصلية باللغة الألمانية:

«Kraftfahrzeugtechnik - Fachbuch für Kfz-Mechaniker»
الطبعة الثانية

حقوق الطبع لعام ١٩٧٢: محفوظة لدار النشر «إرنست كليت» شتوتغارت - جمهورية ألمانيا الاتحادية

قام بالترجمة والإنتاج:
دار إرنست كليت للطباعة (انتربارت)، شتوتغارت، جمهورية ألمانيا الاتحادية

بتكليف من الهيئة الألمانية للتعاون الفني - هيئة ذات مسئولية محدودة

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

في إطار التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية وجمهورية ألمانيا الاتحادية.

تم التجميع والطبع في جمهورية ألمانيا الاتحادية

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى :

قُلْ هَلْ يَسْتَوِى الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ

صدق الله العظيم

أخي الطالب :

إن العلوم التقنية والمعرفة المهنية شرط أساسي لبناء الاقتصاد الوطني السليم الذي يؤدي إلى التطور المستمر في المستويات الاجتماعية والاقتصادية للفرد والوطن وانطلاقاً من الدور الهام الذي توليه المملكة العربية السعودية في نشر العلم والمعرفة التقنية الحديثة قامت بتوفير عدد من الكتب الفنية الحديثة، لبناء الإنسان القادر على تحقيق تطلعاتنا إلى مستقبل أفضل لوطننا العزيز، منها هذا الكتاب :

تكنولوجيا المركبات الآلية

والله ولي التوفيق . . .

المؤسسة العامة
للتعليم الفني والتدريب المهني

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم فني للكتاب

تبنى النهضة الحضارية للشعوب على التقدم العلمي والصناعي والزراعي. وتحتل صناعة المركبات الآلية مكانا بارزا في المجالات الصناعية المختلفة. فقد أصبحت المركبات الآلية إحدى الدعائم الأساسية التي تتوقف عليها حياتنا اليومية. فهي تسهل انتقال الأشخاص من مكان لآخر. وبها يمكن نقل المواد الغذائية إلى أقرب مكان للمستهلك. كما تيسر نقل البضائع على مختلف أنواعها وأشكالها، توفيرا لراحة البشر ورفاهيتهم. وتعمل أنواع خاصة منها في مجالات الخدمات العامة مثل إطفاء الحرائق ونقل المرضى والمصابين وغير ذلك، إلى جانب وظائفها المختلفة في مجالات الأعمال الزراعية.

وتصبح دراسة تكنولوجيا المركبات الآلية شرطا هاما للإلمام والمعرفة بدقائق ومكونات المركبات الآلية على مختلف أنواعها، إلى جانب إدراك وظيفة كل جزء في تشغيل المركبة. ويؤدي هذا الإلمام وتلك المعرفة، إلى تسهيل إجراء أعمال الصيانة والإصلاح. وسرعة تحديد موطن الداء وطريقة إزالته، إضافة إلى التأكد من توفر شروط السلامة والأمان للراكبين والمشتركين في حركة المرور.

ويمتاز هذا الكتاب بشموله على سرد متدرج سلس، مبتدءا من المراحل الريادية لتطور صناعة المركبات الآلية. ثم ينتقل إلى طرح نظرة عامة على المبادئ العامة للميكانيكا الداخلة في نطاق هذه الصناعة. ويوضح تقنية العمل على المكنات والآلات المختلفة التي تستخدم في مجالات أعمال صيانة وتركيب وإصلاح المركبات الآلية. بعد ذلك ينتقل إلى شرح الأجزاء المختلفة الداخلة في تركيب المركبة الآلية من محرك وملحقاته، وأجزاء نقل الحركة، والتجهيزات المختلفة المشتركة في تشغيل المركبة. كما يضم هذا الكتاب شرحا مفصلا للمنشآت والتجهيزات الكهربائية المختلفة الموجودة في المركبة ووظيفة كل منها.

وجدير بالذكر أنه قد روعيت إضافة بابين جديدين إلى المحتوى الأصلي للكتاب، ألا وهما أجهزة التكييف في المركبات الآلية، واختبار المحرك على مناصب اختبار القدرة. ويرمي ذلك إلى أن يستوفي هذا الكتاب الأبواب الضرورية والملائمة للظروف المناخية والمعيشية في البلاد.

إننا نأمل بتقديم هذا الكتاب المفصل والشامل على شروح لأحدث التطورات الفنية والعلمية في مجال صناعة المركبات الآلية، أن يكون عونا وسندا للطالب والدارس والقارئ العربي. وأن يكون دعامة لرفع المستوى التكنولوجي والعلمي للعرب العاملين في هذا المجال، حتى تسير عجلة التقدم الفني العربي قدما، ليضارع مثيله في الدول المتقدمة صناعيا.

كلل الله المساعي الرامية إلى رخاء ورفاهية الأمة العربية بالنجاح.

والله ولي التوفيق.

الصفحة

٦- الهيكل المعدني

الصفحة

٧- التجهيزات الكهربائية بالمركبة الآلية

الصفحة

٨- تكييف الهواء بالمركبات الآلية

٩- الاختبار والفحص والضبط

١ - ١ تاريخ المركبات الآلية

مرت صناعة المركبات الآلية، منذ اختراعها بعدة مراحل، وتطورت في العقود القليلة الأخيرة تطوراً عظيماً، وأصبحت اليوم تلعب دوراً هاماً في الاقتصاد. وكانت المركبات تسير بالقوة العضلية إلى أن اخترع العالم الانجليزي جيمس واط الآلية البخارية عام ١٧٦٨، وقد مكن هذا الاختراع من تحريك المركبات آلياً فكان العالم الانجليزي ستيفنسون أول من قام بتركيب الآلة البخارية في عربة نقل وتشغيل أول خط حديدي في انكلترا سنة ١٨٢٥. وبدأ بذلك عصر جديد في هندسة المواصلات.

وافتتح في ألمانيا أول خط حديدي في عام ١٨٣٥ وذلك بين مدينتي نورنبرج وفيرت. واثبتت الآلة البخارية صلاحيتها في تشغيل السكك الحديدية ولكنها كانت ثقيلة جداً بالنسبة لعربات الطرق، فضلاً عن أنها كانت تحتاج إلى زمن طويل كي تسخن، ونظراً لتلك الأسباب لم ينتج إلا عدد قليل من مركبات الطرق المدارة بالبخار.

إخترع العالم الفرنسي لينوار عام ١٨٦٠ أول محرك احتراق داخلي واستخدم غاز الاستصباح لإدارته. وقد اقتصر هذا المحرك على الأنواع الثابتة المربوطة بشبكة الغاز كما أنه كان يعمل بطريقة غير اقتصادية وبالرغم من ذلك فإن العالم لينوار وضع باختراعه هذا الأساس لمحركات الاحتراق الداخلي الحالية.

١ - ١ - ١ تطور المركبات الآلية في ألمانيا

١٨٧٦ اخترع نيكولاوس أوغست أتو محرك الاحتراق الداخلي رباعي الأشواط ولقد كان هذا المحرك أقل وزناً وأكبر سرعة وأعظم قدرة.

١٨٨٢ بدأ كوتليب دايملر (صورة ٧ - ٣) وفيلهلم مايباخ - اللذان كانا يعملان مع أتو في مصنع دويتس لمحركات الغاز - في صناعة أول محرك صغير يعمل بالبنزين، وقد تم هذا في كانشتات إحدى ضواحي مدينة شتوتغارت.

١٨٨٣ حصل دايملر على براءة اختراع محرك بنزين بأسطوانة أفقية وبرأس أسطوانية متوهجة للإشعال وبلغت سرعته 900 دورة في الدقيقة واعتبر بذلك أول محرك سريع في العالم وكان التحكم في الغاز يتم عن طريق صمامات ينظم حركتها عمود حدبات (كامات).

١٨٨٥ صنع كارل بنز (صورة ٧ - ٢) أول سيارة في العالم في مدينة مانهايم - وكان إشعال الوقود في المحرك يتم كهربائياً، وقد بلغت قدرته (1/2 kW). وقد ساعد تصميم السيارة بثلاث عجلات على تصميم وصنع جهاز توجيه بسيط التركيب (شكل ٨ - ١).

١٨٨٥ أنتج دايملر أول دراجة نارية في العالم (شكل ٧ - ١).

١٨٨٦ صنع دايملر أول سيارة بأربع عجلات. وركب المحرك في عربة كالتي تجرها الخيول بعد تعديلها.

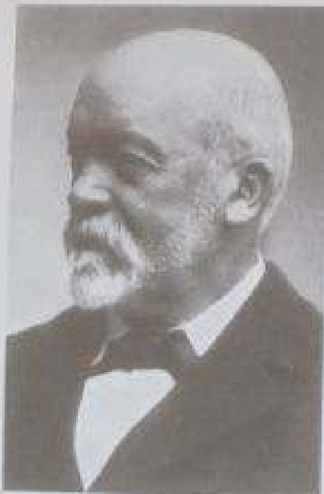
١٨٩٣ حصل رودلف ديزل على براءة اختراع محرك ذي إشعال ذاتي وهو المسمى بمحرك ديزل.



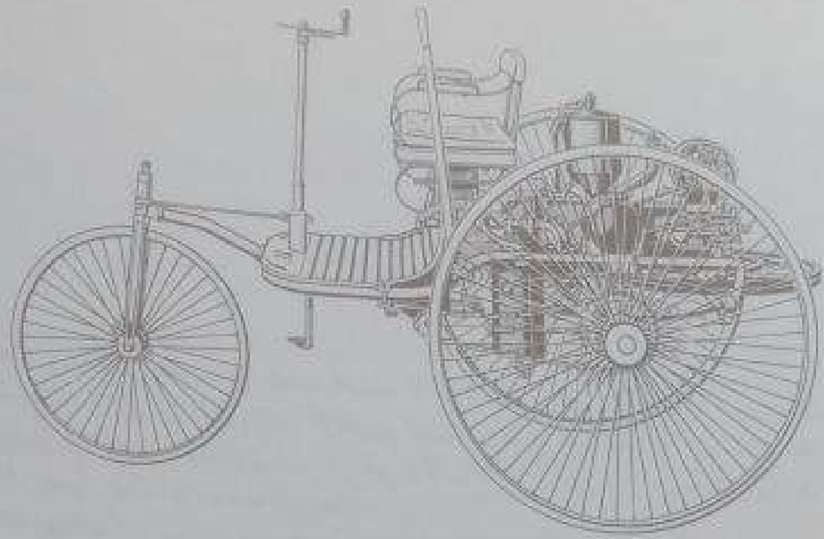
٧ - ١ أول دراجة نارية طراز دايملر - عام ١٨٨٥



٧ - ٢ كارل بنز
(ولد في ١٨٤٤/١١/٢٦،
وتوفي في ١٩٢٩/٤/٤)



٧ - ٣ كوتليب دايملر
(ولد في ١٨٣٤/٣/١٧،
وتوفي في ١٩٠٠/٣/٦)



٨ - ١ أول مركبة طراز بنز ١٨٨٥ وتعتبر أول سيارة أمكن استخدامها عمليا

١٨٩٧ استطاع ديزل بعد تجارب استمرت سنوات طويلة من ادارة (تشغيل) محركه.

١٨٩٨ بدأ أبناء آدم أوبل بإنتاج السيارات في مدينة روسلسهايم.

١٩٠٠ وصل تطور السيارة إلى شكلها النمطي الحالي، فالمحرك موضوع في الجزء الأمامي للمركبة ويوجد أمام المحرك المشع المصنوع على شكل شبيه بخلايا النحل ومعه المروحة. ورفع عدد الأسطوانات الى أربع كما تم استبدال طريقة السيور في نقل الحركة بصندوق تروس بأربع سرعات أمامية وسرعة واحدة خلفية أما العجلات المملوءة بالهواء المضغوط فقد بدأ استخدامها منذ عام ١٨٩١. وبجانب ذلك كان قد تم اختراع المكربن ذو المنافث الرشاشة (الكاربراتير).

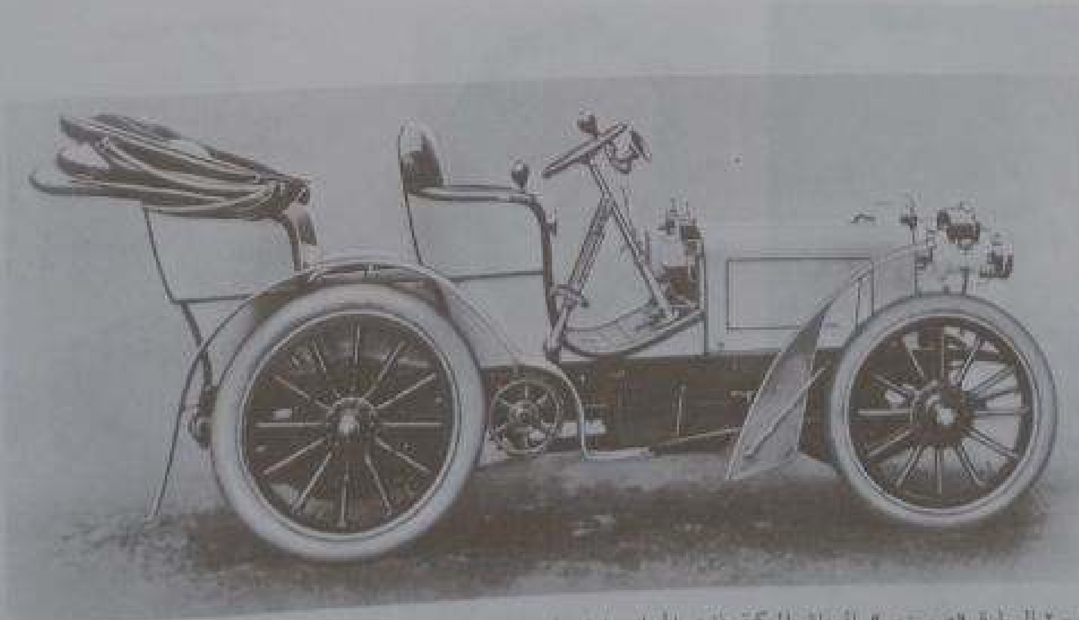
١٩٠١ أنتجت أول سيارة «مرسيدس» والتي سميت باسم إبنة أحد التجار النمساويين «يلليينيك» بمصنع دايملر بإشراف مايباخ (٨ - ٢). لقد أحرزت هذه السيارة التي بلغت قدرتها 26 kW نجاحا كبيرا. ومنذ ذلك الحين احتفظت شركة دايملر باسم «مرسيدس» وأطلقته على كل أنواع السيارات التي تنتجها.

١٩٢٤ تم تركيب محرك الديزل في سيارة شاحنة لأول مرة.

١٩٣٤ بدأ الدكتور فرديناند بورشي بتصميم سيارة «فولكس فاجن» وانتهى في خريف عام ١٩٣٦ من صنع أول ثلاث سيارات تجريبية من هذا النوع. وفي عام ١٩٣٨ بدأ بتشييد مصنع الفولكس فاجن في مدينة فولفسبرج ليقوم بإنتاج هذه السيارة. وقد لاقت سيارة الفولكس فاجن رواجاً كبيراً داخل وخارج ألمانيا عقب الحرب العالمية الثانية.

١٩٣٦ بدأت شركة دايملر بنز بإنتاج سيارات ركوب تعمل بمحرك ديزل.

١٩٥٤ صمم فيلكس فانكل محركا بكباسات دوارة والمعروف بالمحرك ذي الكباسات الدوارة. وفي هذا المحرك تدور كل من الكباسات والمبيت حول محاور متوازية.



٨ - ٢ السيارة «مرسيدس» المسماة بالمركبة ذات المحرك دايملر في عام ١٩٠١.

١٩٥٨ تم وضع أول محرك بكباسات دوارة على قاعدة (منصب) الاختبار في شركة NSU، وهو محرك ذو كباسات دوارة، وفيه يدور المكبس داخل البيت الثابت للمحرك.
١٩٦٤ بدأ الإنتاج الكمي لسيارة (NSU سبيدر) وهي أول سيارة تدار بمحرك ذي كباسات دوارة (محرك فانكل NSU).

١-١-٢ تطور المركبات الآلية في فرنسا

١٨٨٧ عرض بنز مركباته في فرنسا ثم بدأ في توريد أعداد كبيرة منها في السنوات اللاحقة.
١٨٨٩ أقام دايملر معرضاً في فرنسا ثم باع براءة الاختراع إلى بانهارد وليفاسور، وكانت هذه بداية صناعة السيارات الفرنسية التي مالبثت أن أصابت ازدهاراً سريعاً.

وظلت باريس تسيطر على سوق السيارات لفترة طويلة. ومنذ ذلك الحين بدأ تداول الكلمات الفرنسية التي صاحبت السيارات في أنحاء كثيرة مثل كلمات شوفير (سائق) وشاسيه (إطار معدني) وليموزين (سيارة خاصة مغلقة السقف) وكاروسيري (الهيكل) وكابريوليه (سيارة بسقف يمكن فتحه).... إلخ.

١-١-٣ تطور المركبات الآلية في الولايات المتحدة الأمريكية.

١٨٩٦ أنتج هنري فورد أول سيارة في أمريكا.
١٩٠٣ أسس فورد مصانعه في مدينة ديترويت، واستطاع فورد أن يضع الأسس الأولية لإنتاج نمطي واقتصادي بإدخاله أسلوب خطوط التجميع المستمر في مصانعه. فالطراز T من سياراته، ظل ينتج بين (١٩٠٧ - ١٩٢٧)؛ ووصل إنتاجه اليومي عام ١٩٢٥ إلى 9000 سيارة وبلغ الإنتاج الإجمالي لهذا الطراز 15 مليون سيارة، وكان سعر السيارة في عام ١٩٢٦ يبلغ 280 دولاراً.

١-١-٤ تطور المركبات الآلية في الدول الأخرى

تمكنت دول عدة من إنشاء صناعات للسيارات بها وبدأ بعضها بذلك عند نهاية القرن الماضي، إلا أن إسهامها في تطوير صناعة المركبات الآلية لم يكن ملحوظاً. ومن هذه الدول إنكلترا، إيطاليا، واليابان، التي تعد اليوم من أهم الدول المنتجة.

أسئلة عامة:

١ - من الذي اخترع أول محرك احتراق داخلي صالح للاستخدام؟
٢ - من الذي اخترع محرك الاحتراق الداخلي رباعي الأشواط؟
٣ - من الذي صنع أول محرك احتراق داخلي سريع الدوران؟
٤ - من الذي أنتج أول سيارة؟
٥ - متى وصلت السيارة إلى شكلها النمطي المعروف حالياً؟
٦ - أذكر الصفات المميزة لهذا التصميم (الشكل النمطي).
٧ - متى تم تركيب أول محرك ديزل في سيارة شاحنة؟
٨ - لماذا يستخدم كثير من التعبيرات الفرنسية في تكنولوجيا السيارات؟
٩ - ما هو إسم أرخص سيارة وأكثرها إنتاجا قبل وبعد الحرب العالمية الأولى؟
١٠ - ما هو طراز السيارات الألماني الذي حقق أكبر نجاح في التصدير؟

١ - ٢ أنوع المركبات الآلية ومتطلبات أمان السير ومكونات المركبة الآلية

١ - ٢ - ١ أنواع المركبات الآلية :

يمكن بواسطة المركبات الآلية إنجاز مهام مختلفة . وقد أدى تباين هذه المهام إلى تصميم أنواع مختلفة من المركبات هي :
الدراجات النارية : (دراجات كبيرة بمحرك - دراجات صغيرة بمحرك - دراجات مزودة بمحرك بالإضافة إلى الدعسة - الموبيلي الدراجات صغيرة العجلات بمحرك ودعسة) .
السيارات : (سيارات ركوب الأشخاص - سيارات «البكومبي» لنقل الأفراد والأغراض - الحافلات - الحافلات المفصلية - الشاحنات - المركبات المصنوعة لأغراض خاصة) .
الجرارات : (الجرارات الزراعية - جرارات للشوارع - العربات المقطورة) .
سيارات الأغراض الخاصة : (سيارات تنظيف الشوارع - سيارات رش أشجار الفواكه - سيارات إطفاء الحريق) .

١ - ٢ - ٢ عناصر أمان السير

يعد أمان السير من أهم الأمور التي يجب توفرها أثناء السير بالمركبات الآلية وهو يتحقق بمراعاة القواعد التالية :
المركبات المأمونة : لا يقتصر خطر المركبات غير مأمونة السير على السائق وحده ، بل يتعداه إلى جميع المشتركين في حركة المرور من ركاب ومشاة . والسائق الذي يستخدم سيارة غير مأمونة يعرض نفسه للعقوبة . وقد وضعت بعض من الدول نظاما خاصا لمنح تراخيص المرور على الطرق ، من أجل حماية مصالح كل المشتركين في حركة المرور . وينص هذا النظام على وجوب فحص كل المركبات الآلية على فترات دورية منتظمة من قبل فنيين معترف بهم رسمياً لإقرار صلاحيتها . وإذا أظهر الفحص وجود عيب يؤدي إلى الإخلال بأمان استخدام المركبة ، وجب منع سيرها حتى يزال هذا العيب . أما العيوب الأقل خطورة فتحدد لها فترة زمنية لإزالتها ، وبعد ذلك يسمح للمركبة بالسير ثانية .
الطرق المأمونة : إن النمو السريع لحركة المرور في السنوات الأخيرة جعل من الصعب في كثير من الأحوال ملاحقته بشق وإعداد الطرق المناسبة كما وكيفا ، وبصفة خاصة الشوارع التي تقع داخل المدن الكبيرة والطرق المؤدية إلى ضواحيها .
السائق الموثوق به : نظراً لتحمل سائق أي مركبة المسؤولية الكاملة لقيادتها ، فإنه يتحتم على كل من يقود سيارة في الطرق العامة أن يؤدي اختبارا يثبت فيه إلمامه التام بمركبته وبقواعد المرور قبل أن يمنح ترخيص القيادة .
ويمكن دراسة هذه المعلومات في مدارس خاصة لتعليم قيادة السيارات ، ويدل منح ترخيص القيادة على استيعاب حامله المعلومات والخبرة الكافية للقيادة . ويسحب هذا الترخيص من حامله بصورة مؤقتة أو دائمة إذا ما ارتكب مخالفات كبيرة وعديدة لقواعد المرور .

نموذج لمراتب تراخيص القيادة في إحدى الدول الأوربية

المرتبة	نوع السيارة	المراتب الأخرى المتضمنة	الحد الأدنى لعمر السائق بالسنين
1	الدراجات النارية كذلك تلك ذات المقعد الإضافي الجانبي ، بمحرك يزيد حجم شوطه عن $50 cm^3$.	4, 5	18
2	المركبات التي يزيد وزنها الكلي عن 7.5 طن والجرارات ذات أكثر من ثلاثة محاور .	3, 4, 5	21
3	كل المركبات التي لم ترد في المراتب الأخرى .	4, 5	18
4	كل المركبات ذوات المحركات التي لا يزيد حجم شوطها عن $50 cm^3$ والمركبات التي لا تزيد سرعتها القصوى عن 20 km/h .	5	16
5	الدراجات المزودة بمحرك والدراجات النارية الصغيرة التي لا تزيد سرعتها عن 40 km/h وكراسي المرضى المسيرة بمحرك لا يتعدى حجم شوطه عن $50 cm^3$ أو لا تزيد سرعته عن 20 km/h .	—	16

تراخيص القيادة للنقل العام : يحتاج سائقو المركبات العمومية أي سيارات الأجرة والحافلات (الحافلة هي كل مركبة آلية تتسع لأكثر من ثمانية ركاب) إلى تراخيص قيادة خاصة . ويجب أن يكون سائق المركبة العمومية (تاكسي) قد أتم عامه الواحد والعشرين من العمر ، وأن يكون قد تدرب مدة سنتين على القيادة العملية لمركبات المرتبة (3) . أما قيادة الحافلات فتتطلب إتمام العام الثالث والعشرين من العمر والتدريب العملي لمدة سنتين على قيادة المركبات بترخيص قيادة مرتبة (2) [تكفي مرتبة (3) لحافلات سعة 14 راكبا] . وتبلغ مدة صلاحية تراخيص القيادة للنقل العام ثلاث سنوات ويمكن تجديدها لمدة ثلاث سنوات أخرى في حالة توفر الشروط الضرورية لذلك .

١-٢-٣ مستندات المركبة الآلية :

وثيقة ملكية السيارة، وتسجل بها كل البيانات الخاصة بالسيارة ومالكها، وتعتبر هذه وثيقة هامة تدل على إثبات ملكية السيارة، ويجب الاحتفاظ بها بعيدا عن متناول اللصوص، ولذلك يجب عدم تركها في السيارة، وعند شراء السيارة بنظام التقسيط تسلم أوراق الملكية للمشتري بعد سداد القسط الأخير من ثمن السيارة، ويجب أن يسجل في هذه الأوراق كل تغيير يتعلق بملكية السيارة أو أي تغيير يمس السيارة نفسها مثل زيادة قدرة المحرك أو تغيير نوع مجموعة العادم، ويتم اعتماد ذلك من الجهات الرسمية المختصة.

ترخيص سير المركبة الآلية : يجب حفظه في السيارة دائما وإبرازه للشرطة كلما طلب ذلك.

١-٢-٤ المجموعات الرئيسية للمركبة الآلية :

تتكون المركبة الآلية من المجموعات الرئيسية التالية :

- المحرك.
- مجموعة نقل الحركة.
- الهيكل المعدني.
- التركيبة العلوية أو الجسم.

أهم أجزاء المحرك هي : الأسطوانة ومجموعة إدارة المرفق ومجموعة التحكم في المحرك والمكربن (الكاربيراتر) ودورة الحقن وأجهزة التزليق (دورة التزييت) ودورة الإشعال وبادئ الحركة (أو التشغيل).

وتحوي مجموعة نقل الحركة كلاً من : القابض (الكلتش)، وصندوق تروس تغيير السرعات، والعمود المفصلي (عمود الكردان)، ومجموعة التروس الفرقية (تروس الموازنة). أما الهيكل المعدني فيضم : الإطار المعدني - المحاور - النوابض - العجلات - الفرامل ومجموعة التوجيه.

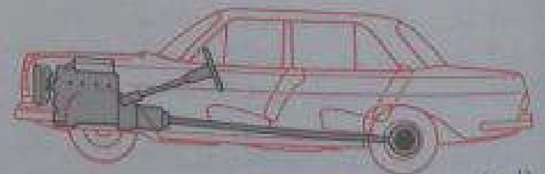
وتضم التركيبة العلوية (الجسم) كل الأجزاء الخاصة بحماية الركاب والشحنة (الحمولة) بجانب التجهيزات الكهربائية الأخرى، باستثناء التجهيزات الكهربائية الخاصة بالمحرك.

١-٢-٥ أنواع الإدارة

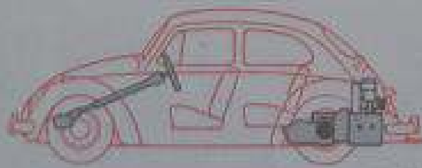
الإدارة العادية أو القطبية (شكل ١١-١) ويعتبر هذا النوع أكثر الأنواع استخداماً منذ نهاية القرن الماضي، وفيه تنتقل الحركة من المحرك الموجود في مقدمة السيارة عن طريق القابض إلى صندوق التروس، فالعمود المفصلي ثم مجموعة التروس التفاضلية إلى العجلات الخلفية. ومن أهم مزايا هذا النوع من الإدارة هي : تحميل العجلات بنسق متساو، وتبريد المحرك بشكل فعال، وتوفير متسع أكبر للأمتعة وأخيراً رفع درجة حماية الركاب عند حدوث الاصطدامات، نظراً لوجود المحرك في مقدمة السيارة.

والنوع الثاني وهو الإدارة الخلفية (شكل ١١-٢) وفيه تدار العجلات الخلفية بالمحرك الذي يقع في مؤخرة السيارة وبذلك يستغنى عن العمود المفصلي والحيز الذي يحتله في أماكن جلوس الركاب. إلا أن أهم عيوبه هو ازدياد حساسية السيارة للرياح الجانبية بسبب نقص تحميل العجلات الأمامية بجانب سوء الاستفادة من حيز السيارة وصعوبة الوصول إلى أجزاء المحرك للإصلاح ثم كبر التحميل على العجلات الخلفية.

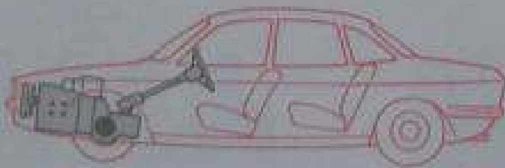
أما النوع الثالث فهو الإدارة الأمامية (شكل ١١-٣) وقد أخذ ينتشر باضطراد خلال السنوات الأخيرة. وفيه يعطي المحرك - المثبت في مقدمة السيارة - حركته للعجلات الأمامية التي تقوم بدورها بجر السيارة. وتبرز ميزات هذا التصميم في تحسين أداء السير وبصفة خاصة في المنعطفات وعلى الطرق الزلقة.



١١-١



١١-٢



١١-٣

١١-١ رسم تخطيطي لسيارة ركوب أشخاص يقع محركها في المقدمة ويدير العجلات الخلفية.
١١-٢ رسم تخطيطي لسيارة ركوب أشخاص بإدارة خلفية.
١١-٣ رسم تخطيطي لسيار ركوب أشخاص بإدارة أمامية.

ولا يتطلب هذا النظام وجود عمود مفصلي. وبوضع المحرك أمام محور الإدارة أو مستعرضا عليه لتجنب انزلاق العجلات الأمامية عند بدء السير وعند صعود الطرق المنحدرة. ويتميز هذا التصميم بالاستغناء عن عمود الإدارة المفصلي الطويل، ومن ثم الاستفادة بالحيز الذي كان يشغله. إلا أن أهم عيوبه هو الاختلاف الكبير في توزيع الأحمال على العجلات الخلفية عند تغير حمولة السيارة.

١ - ٣ الأعمال اليدوية لإصلاح المركبات الآلية

١ - ٣ - ١ تطور الأعمال اليدوية لإصلاح المركبات الآلية

إن نمو إنتاج المركبات الآلية نموا كبيرا في مطلع هذا القرن جعل مصانع الإنتاج غير قادرة على القيام بمهمة صيانة وإصلاح السيارات بمفردها. لذا بدأ تأسيس العديد من ورش الإصلاح. وقد ظهر عدد من هذه الورش قبل الحرب العالمية الأولى ببضع سنوات. وكان يضطلع بهذا العمل ميكانيكيون متخصصون.

وتقع مسؤولية كبرى على عاتق ميكانيكي السيارات، حيث يتأثر أمان وسلامة جميع المشتركين في حركة المرور بأعمال الإصلاح التي قد يقوم هؤلاء بإنجازها إلى حد كبير. ولذا أصبح من الضروري أن يتلقى الميكانيكيون تدريبا أساسيا كافيا في أعمال الإصلاح. وتمتد الدراسة اللازمة لإعداد ميكانيكي السيارات ثلاث سنوات وهي تخضع للنظم والقواعد المتبعة في التعليم الفني وتنتهي بالاختبارات العامة لمستوى فني ميكانيكي السيارات المعمول بها.

١ - ٣ - ٢ تعليم ميكانيكي المركبات الآلية (السيارات)

يتضمن قانون التعليم المهني الموجود في معظم الدول، الخطوط الأساسية المحددة لجميع أنواع التدريب المهني ويشتمل هذا القانون على تعليمات تتعلق بعقد التدريب ومدته وكذلك موعد بدئه وانتهائه، وهذه التعليمات تحدد التزامات المدرب وواجبات المتدرب وتعويضاته وهي تحدد أيضا مناهج التدريب والشروط التي يجب توافرها في الجهة القائمة على التدريب.

تقسم فترة التدريب إلى عدة مراحل زمنية ومنهجية متتابعة طبقا لنظام التدريب وقد حددت هذه المراحل بحيث تتيح للمتدرب - عقب اجتيازها - إما ممارسة مهنته وفقا للمستوى التدريبي الذي وصل إليه، أو متابعة التعليم الفني في المراحل اللاحقة.

٢ - ربط أجزاء المكنات :



٢ - ١ وصلات المسامير الملولبة

يعد التوصيل بالمسامير الملولبة من أكثر الأعمال التي يجب انجازها أثناء عملية تجميع أجزاء مكنة ما. وتستخدم طريقة التوصيل هذه عندما يراد أن تكون الوصلات قابلة للفصل (للفك)، وغالبا ما تكون هذه الطريقة هي الوسيلة الوحيدة الممكنة في مثل هذه الحالة. وتعتمد متانة التوصيل على نوع المسامير الملولبة المستعملة، وهي تمتد من التوصيل بالمسامير البسيطة بأنواعها التجارية المتداولة مثل تلك المستخدمة في ربط أجزاء السيارة لتصل إلى التوصيل بالمسامير عالية الجودة المصنوعة من الفولاذ المصلد والمطبع حراريا مثل تلك التي تستخدم في ربط أجزاء المحرك.

ويمكن تصنيف المسامير الملولبة طبقا لأغراض استعمالها إلى الأنواع التالية:

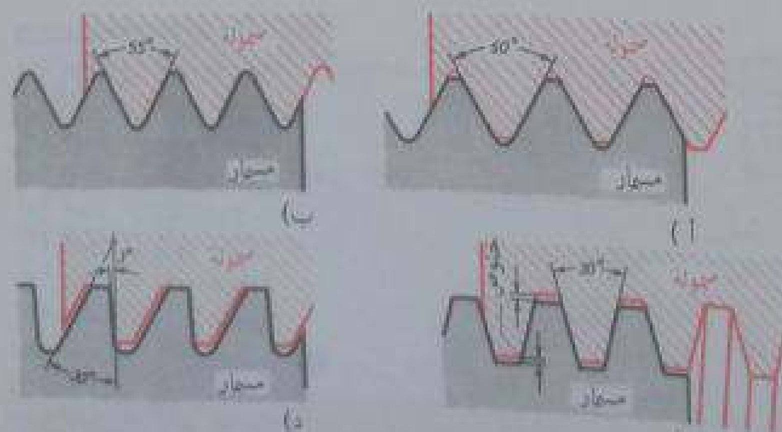
- مسامير ملولبة لتثبيت الوصلات القابلة للفك.
- سدادات ملولبة (سدادة تصريف الزيت).
- مسامير ضبط ملولبة لضبط ومراجعة ضبط الخلوص (مسامير ضبط خلوص الصمامات).
- لوالب الميكرومترات لقياس المسافات المتناهية في الصغر.
- لوالب شدادة لنقل القوى الكبيرة المتولدة في اتجاه طولي (زراجين السحب)
- لوالب لتحويل الحركة الدورانية إلى حركة طولية (الملزمة).

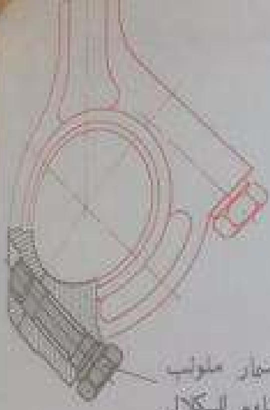
٢ - ١ - ١ أشكال اللولبة (اللوالب)

يختلف لولب مسامير التثبيت عن لولب المسامير الناقلة لحركة بين أجزاء المكنة. ويكون شكل سن اللولب في مسامير التثبيت عادة مثلث وتبلغ زاوية الجوانب - وهي الزاوية الواقعة بين سنين متجاورين - (60°) أو (55°). وتستخدم اللوالب المترية في معظم دول أوروبا الغربية حيث تنتج فيها مسامير ملولبة ذات زاوية جوانب قدرها (60°)، طبقا للمواصفات القياسية العالمية ISO، DIN 13 (شكل ١٣ - ١ أ). أما الدول التي لا تزال تستعمل البوصة كوحدة قياس فيستخدم فيها لولب بزاوية، (55°) ويطلق عليه اسم لولب ويتوورث. ويكون معظم اللوالب المستخدمة في التثبيت يميني. وتستخدم اللوالب ذات السن المستدير طبقا للمواصفات القياسية DIN 405 - في الحالات التي تتعرض فيها اللوالب للاتساخ (شكل ١٣ - ١ ب). أما اللوالب التي تستخدم لنقل الحركة والقوة فيفضل لها أنواع اللوالب ذات السن شبه المنحرف أو سن المنشار طبقا للمواصفات القياسية DIN 103, 513 b (شكلا ١٣ - ١ جـ د).

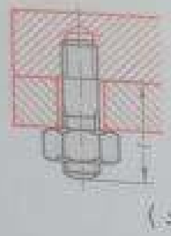
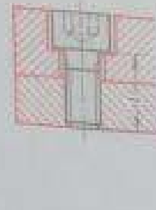
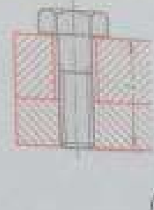
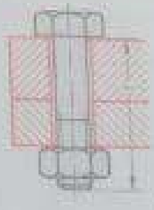
١٣ - ١

أ) لولب متري طبقا للمواصفات القياسية DIN 13
ب) لولب سن مستدير طبقا للمواصفات القياسية DIN 405
جـ) لولب سن شبه منحرف طبقا للمواصفات القياسية DIN 103
١٣ - ١
د) لولب سن منشار ذو خطوة مترية طبقا للمواصفات القياسية DIN 513.





١٤ – ٢ مسامير ملولبة مقاومة للكلال

١٤ – ١

أ) مسمار ملولب برأس وصمولة من النوع النافذ
ب) مسمار ملولب برأس وبدون صمولة
جـ) مسمار ملولب برأس ذي تجويف مسدس (آلن)
د) مسمار جاويط

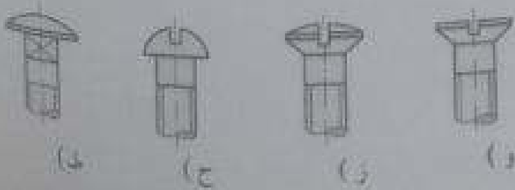
٢ – ١ – ٢ المسامير الملولبة والصواميل

تحتاج وصلات المسامير الملولبة إلى مسامير الربط الملولبة وصواميل مناسبة لها. ويمكن استخدام الحلقات (الفلنكات – الورد) العادية أو حلقات الزنق تحت الصواميل. وتستخدم عدد خاصة لفك أو ربط المسامير أو الصواميل؛ باستثناء البراغي والمسامير التي ترتبط باليد مثل المسامير ذات الرأس المخرش أو المجنح.

أنواع المسامير الملولبة: يغلب استخدام المسامير الملولبة ذات الرؤوس المسدسة والصواميل المسدسة في صناعة المكنات، وأهم أنواعها المسامير الملولبة النافذة، والمسامير ذات الرأس ومسامير الجاويط (شكلا ١٤ – ١، ٢) وتختار مسامير رؤوسها ذات تجويف مسدس (آلن) أو أسطوانية الرأس أو غاطسة (شكل ١٤ – ٣) في الأماكن التي يصعب الوصول فيها إلى المسامير أو يتطلب تغطيس الرؤوس. أما الحالات التي يتطلب فيها تحميل الوصلات بأحمال غير عادية فتناسبها مسامير ملولبة خاصة، كما تلائم المسامير الملولبة المقاومة للكلال حالات التحميل الديناميكي (متغيرة الحمل) (شكل ١٤ – ٢). وتربط المعادن الطرية بمسامير ملولبة ذاتية القطع. وسميت بذلك لأنها تقوم بقطع اللولب في المعدن أثناء ربطها. أما الألواح فتربط غالبا ببراغي الألواح التي لها لولب ذو خطوة كبيرة نسبيا (أكبر قليلا من سمك اللوح) ويكون قطر الثقب في اللوح معادلا للقطر الأصغر للولب.

٢ – ١ – ٣ جودة المسامير الملولبة وموادها

توجد رموز على رؤوس المسامير الملولبة تدل على جودتها. وتتكون هذه الرموز من عددين تفصلهما نقطة. فإذا ضرب العدد الأول في عشرة أعطى الحد الأدنى لمقاومة الشد للمسامير، وإذا ضرب العدد الثاني في عشرة فإنه يعطي حد الخضوع كنسبة مئوية من مقاومة الشد. أما القيم الدقيقة للبيانات فتؤخذ من الجداول الخاصة بذلك. وعند تبديل المسامير عند الإصلاح، يجب استعمال مسامير من نفس النوع وبنفس الرموز ولا تقارن فقط بالشكل إذ إن تطابق الشكل لا يعطي دلالة على جودة المسمار أو الصمولة.

١٤ – ٣ الأنواع التجارية شائعة الاستخدام للمسامير الملولبة ذات الرؤوس.
أ) مسمار ذو رأس مسدس
ب) مسمار ذو رأس بتجويف مسدس (آلن)
جـ) مسمار ذو رأس مربع
د) مسمار ذو رأس أسطواني
هـ) مسمار ذو رأس عدسي
و) مسمار ذو رأس غاطس
ز) مسمار ذو رأس عدسي غاطس
ح) مسمار ذو رأس نصف كروي
ط) مسمار ذو رأس محدب



مفتاح ربط مفتوح الطرف

مفتاح ربط حلقي بمضلع اثنى عشر

مفتاح ربط صندوقي



مقبض إمساك مزدوج الذراع وآخر مفرد الذراع برأس مربع للإدارة. وتستخدم هذه الأنواع مع طاقم من رؤوس المفاتيح الصندوقية المناسبة للمسامير ذات الرؤوس المسننة (على اليسار) والمسامير ذات رؤوس بتجويف سداسي (على اليمين). وهذه الأطقم مناسبة كذلك للاستخدام مع المفاتيح ذوات عزوم الدوران المقننة.

١٥ - ١ أهم أنواع مفاتيح ربط المسامير الملولبة

٢ - ١ - ٤ عملية الربط بالمسامير الملولبة :

يجب فحص لوالب المسمار والصمولة بالعين المجردة للتأكد من سلامتها قبل القيام بعملية الربط. ولا يجوز استعمال المسامير الملولبة المقاومة للتكلال سوى مرة واحدة. ولذا يجب عند الإصلاح تبديلها. وهذا ينطبق أيضا على الصواميل المصنوعة من السبائك النحاسية القصديرية، مثل تلك التي تستخدم لربط أجزاء مجموعة العادم. كما لا يجوز استخدام صواميل الربط المرن سوى مرة واحدة فقط.

٢ - ١ - ٥ عدد ربط المسامير الملولبة :

تتم عملية الربط السليمة باستخدام المفاتيح والأدوات المناسبة للمسامير الملولبة، وأهم ما يجب ملاحظته في هذا المجال بصفة خاصة هو مطابقة مقاس العدد المستخدمة، وتختلف أنواع المفاتيح المستخدمة باختلاف وضع المسامير الملولبة والصواميل. ولكي لاتبلى المفاتيح أو تتشوه فإن الاتجاه الغالب حاليا هو صناعتها من سبائك متينة وصلدة مثل سبائك الفولاذ الحاوي على المنغنيز والسليكون (Mn – Si) أو الحاوي على الكروم والفاناديوم (Cr – V).

ويوضح شكل (١٥ – ١) أنواعا مختلفة من المفاتيح. يسهل مفتاح الربط ذو الطرف المفتوح – الذي يكون طرفه إما منطبقا مع محور ساعده أو مائلا عنه بمقدار (15°) – عمليات ربط وفك المسامير الملولبة الموجودة في الأماكن التي يصعب الوصول إليها. ويكون مفتاح الربط الحلقي مستويا (عدلا) أو معقوفا. أما رؤوس المفاتيح الصندوقية فتستخدم بمساعدة مقبض إضافي يديرها. ويوجد بجانب ذلك مجموعة خاصة من المفاتيح لكل طراز من السيارات.

٢ - ١ - ٦ المسامير الملولبة والمفاتيح المقننة لعزم الدوران (للربط) :

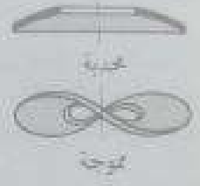
تحدد الشركات المنتجة قوى ربط مقننة في كثير من الوصلات المربوطة بالمسامير الملولبة في السيارات. فإن استخدمت المفاتيح ذات عزم الدوران المقنن فإنه يمكن تجنب أي خطأ ينشأ عن الربط غير الكافي أو الربط المفرط الذي ينشأ عنه انفعال زائد. وتتيح هذه المفاتيح التقيد بقوة الربط المقررة (الإجهاد الأولي) للوصلة.

٢ - ١ - ٧ إحكام ربط الوصلات :

تتمتع مسامير التثبيت ذات زاوية لولب قدرها (60°) بقوة ربط كافية تمنعها من الانفكاك الذاتي، إلا أنه يمكن للصواميل الموجودة في الأجزاء المتحركة أو في تلك التي تتعرض لتغير دائم في درجات الحرارة، أن تتحرر تدريجيا من مرتكزها وتنفك. ولمنع حدوث ذلك



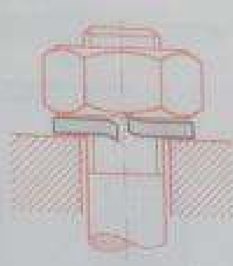
١٥ - ٢ تركيب مفتاح الربط ذي العزم المقنن. يتكون المفتاح من ساق نابض التواني طرفاه مربعان، ويحمل الطرف المربع العلوي ذراعا مزدوجا هو ذراع قوة الربط، أما الطرف المربع السفلي فيركب فيه رأس مفتاح الربط المطلوب. ويوضع الساق النابض في أنبوب يحمل في قمته قرصا مدرجا يثبت في طرفه الأسفل مع نهاية الساق النابض.



أ)



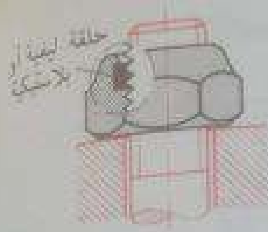
ب)



ج)

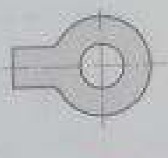


د)



هـ)

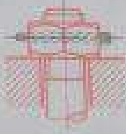
١٦ - ١ حلقات الإحكام بتأثير القوى النابضية:
أ) حلقة (فلكة) نابضية طبقا للمواصفات القياسية DIN 137، وهي حلقة ذات إحكام ضئيل.
ب) حلقة نابضية طبقا للمواصفات القياسية DIN 127 وهي حلقة ذات إحكام جيد صعب الفك.
ج) إحكام الصمولة بحلقة نابضية طبقا للمواصفات القياسية DIN 137 ويمكن إعادة إحكامها.
د) حلقة (فلكة) مسننة.
هـ) صمولة مسدسة ذاتية الإحكام طبقا للمواصفات القياسية DIN 985.



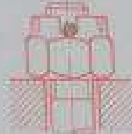
أ)



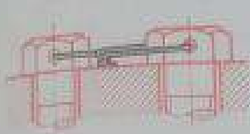
ب)



أ)



ب)



١٦ - ٢ وسائط الإحكام بتأثير قوى القمط: أ) حلقة (وردة) إحكام ذات شفة طبقا للمواصفات القياسية DIN 93. وتثنى الشفة على حافة قطعة الشغل بينما يطوى الحلقة على أحد جوانب الصمولة.
ب) حلقة إحكام ببروز طبقا للمواصفات القياسية DIN 432 حيث يدخل البروز في ثقب قطعة الشغل.

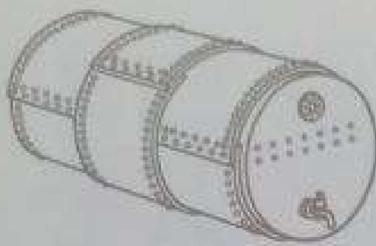
١٦ - ٣ إحكام المسامير والصواميل أ) يكون الإحكام بواسطة أصبع (تيلة) مشقوق طبقا للمواصفات القياسية DIN 1471 جيدا، إلا أنه لا يمكن إعادة الإحكام.
ب) يكون الأحكام بواسطة صمولة برجية وتيلة مشقوقة DIN 94 مضمونا ويمكن إعادة الإحكام.

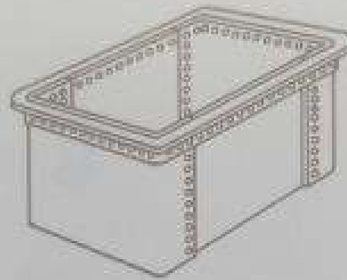
١٦ - ٤ الإحكام بسلك لرأسي مسمارين. يربط السلك برأسي المسمارين بحيث يقع السلك تحت جهد الشد عند محاولة فك أحد المسمارين.

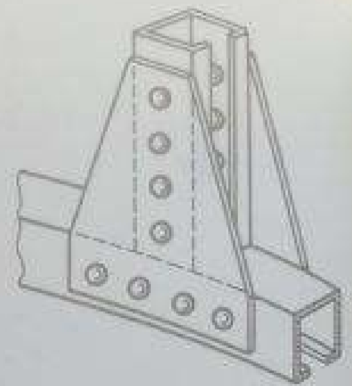
تستخدم وسائط إحكام تكون على شكل حلقات (فلكات). ونفرق في هذا المجال بين نوعين من وسائط الإحكام: وسائط الإحكام بتأثير القوى النابضية أو الاحتكاك الشديد ووسائط الإحكام بتأثير قوى القمط الميكانيكي (أشكال ١٦ - ١ إلى ٤)

أسئلة:

١ - ماهي دلالة الرموز الموجودة على رؤوس المسامير الملولبة؟
٢ - أذكر الأشكال الأساسية التي تعرفها المسامير الملولبة.
٣ - عرف فوائد المفاتيح ذات عزم الدوران المقنن.
٤ - إشرح كيفية إحكام الوصلات بالمسامير الملولبة ضد الفك.







أ) ب) ج)

١٧ – ١ أنواع البرشمة: أ) برشمة ربط في هيكل سيارة شاحنة. ب) برشمة إحكام (الأوعية). ج) برشمة ربط وإحكام (الصهاريج).

٢ – ٢ وصلات البرشام

يمكن بواسطة مسامير البرشام ربط الأجزاء مع بعضها البعض بحيث لا يمكن فكها إلا بكسر البرشام. ويغلب في صناعة السيارات استخدام المسامير الملولبة أو اللحام في وصل الأجزاء بعضها ببعض. إلا أنه في حالة صناعة هياكل الشاحنات تستخدم عمليات البرشمة كطريقة إضافية لربط الأجزاء. ويمكن تقسيم البرشمة إلى:

- برشمة ثابتة لنقل القوى المؤثرة مباشرة كما في الإطار المعدني (الهيكل) والجسم الخارجي (شكل ١٧ – ١أ).
- برشمة محكمة لمنع التسرب من خلال درزة الوصلة (شكل ١٧ – ١ب).
- برشمة ثابتة ومحكمة وناقلة للقوى في نفس الوقت ومانعة للتسرب (شكل ١٧ – ١ج).

٢ – ٢ – ١ مواد تصنيع مسامير البرشام:

يوضح شكل (١٧ – ٢) عملية البرشمة التي تتم بفلطحة نهاية المسمار لتكوين رأسه. ولذلك يجب أن يصنع مسمار البرشام من معدن قابل للطرق لتسهيل فلطحته. وتختار مسامير برشام مصنوعة من الفولاذ أو النحاس أو النحاس الأصفر أو الألومنيوم، طبقا لمقدار التحميل المتوقع تأثيره في الوصلة وطبقا لمواد تصنيع الأجزاء المبرشمة.

معادن تصنيع مسامير البرشام وخواصها:

البرشام	الرمز	إجهاد الشد N/mm²	إنفعال الكسر δ_5	مجال الاستخدام
فولاذ كربوني	St 34.13	340 ... 320	25 ... 30	لحديد الزهر الرمادي، وحديد الزهر الطروق والفولاذ
فولاذ نيكلي	Ni-Steel	610	20	للفولاذ المقاوم للصدأ
نحاس	Cu	210	38	للنحاس
نحاس أصفر	CuZn 28 (Ms 72)	310	50	للنحاس الأصفر والبرونز
ألومنيوم	Al 99	80	22	للألومنيوم

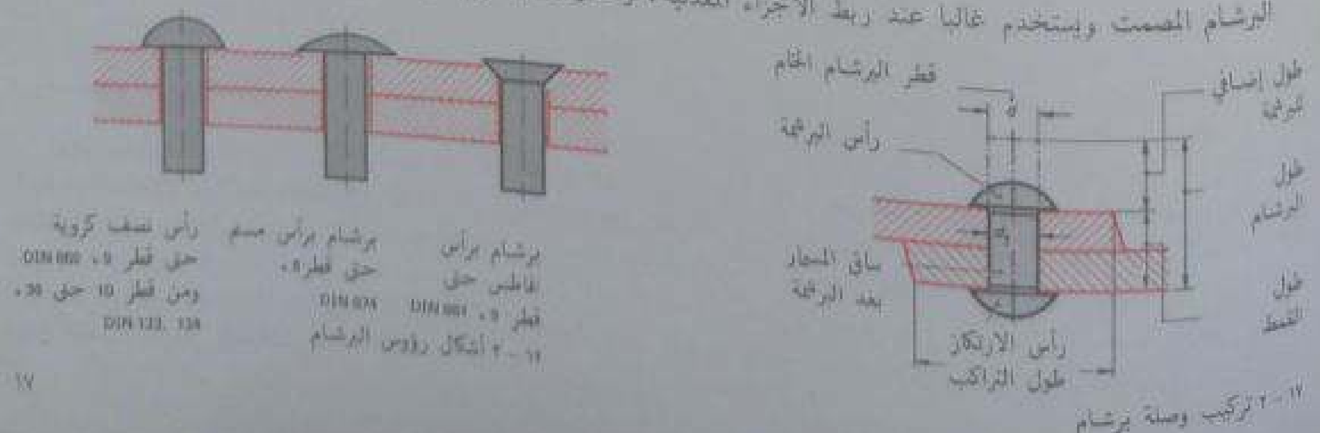
٢ – ٢ – ٢ أشكال مسامير البرشام

إن مسامير البرشام بأشكال رؤوسها المختلفة موصفة قياسيا. ويمكن التمييز بينها كما يلي:

- برشام ألواح حتى قطر 10 mm.
- برشام المنشآت الفولاذية والصهاريج بأقطار من 10 mm إلى 36 mm. وأغلب الأنواع استخداما هي مسامير البرشام ذات الرؤوس نصف الكروية.

ويوضح شكل (١٧ – ٣) أنواع رؤوس مسامير البرشام.

البرشام المصمت ويستخدم غالبا عند ربط الأجزاء المعدنية، وخصوصا إذا لزم نقل القوى بين الأجزاء.

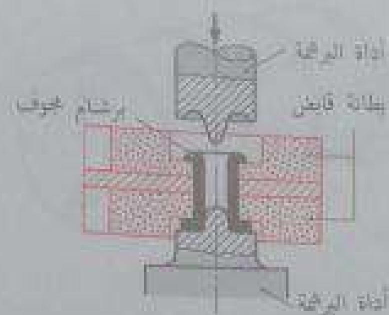


١٧ – ٢ تركيب وصلة برشام

١٧ – ٣ أشكال رؤوس البرشام



١٨ – ٢ البرشام الأنبوبي أو المجوف – مراحل نزع البرشام.
أ) تحديد مركز رأس الارتكاز بسنبك ثم ثقبه.
ب) قطع رأس البرشام بالأجنة.
ح) إزالة البرشام بواسطة سنبك.



١٨ – ١ البرشام الأنبوبي أو المجوف

البرشام المجوف – وينتمي إلى أنواعه أيضا البرشام الأنبوبي وهو يفضل في حالة وصل المعادن مع اللدائن (البلاستيك)، ولا يحتاج إلى قوى برشمة صغيرة. ويقصد بالبرشام الأنبوبي تلك الأنواع من مسامير البرشام ذات الثقوب النافذة، ويستخدم بصفة خاصة لبرشمة الوصلات التي تتعرض لقوى صغيرة، وعند ضرورة تخفيف الوزن كتثبيت بطانة الفرامل (المكابح) أو بطانة القابض مثل (شكل ١٨ – ٢)

البرشام المخفي. ويستخدم في الوصلات التي يتعذر الوصول إليها إلا من جهة واحدة فقط. ويكون هذا البرشام من النوع المجوف، وعند البرشمة يجرى كبس البرشام المجوف بقوة كبيرة على جوانب الثقب بواسطة مسمار يولج داخله محكما، وأحد هذه الأنواع هو النوع المعروف ببرشام «فيرو». فعند سحب المسمار أثناء البرشمة يتكون رأس القفل (شكل ١٨ – ٣). ويضغط المسمار المسحوب ذو الشكل الخاص بقوة على البرشام ويكبسه حول الثقب. ثم يتقطع المسمار الساحب ليظل جزؤه المتبقي داخل البرشام الذي يبرشم معه ليكمل الإحكام ويساعد على زيادة مقاومة الوصلة لإجهاد القص. ومن البديهي أن تحتاج هذه الأنواع من البرشام إلى عدد وآلات خاصة.

طول مسمار البرشام: يجب بروز المسمار فوق سطح الوصلة قبل برشمته بطول معين. ويحسب طول مسمار البرشام من مجموع سمك لوحي الوصلة (طول القمط كما هو موضح بالرسم) وطول الجزء اللازم لتكوين رأس القفل. ويمكن الحصول على قيمة هذا الجزء من الجدول التالي.

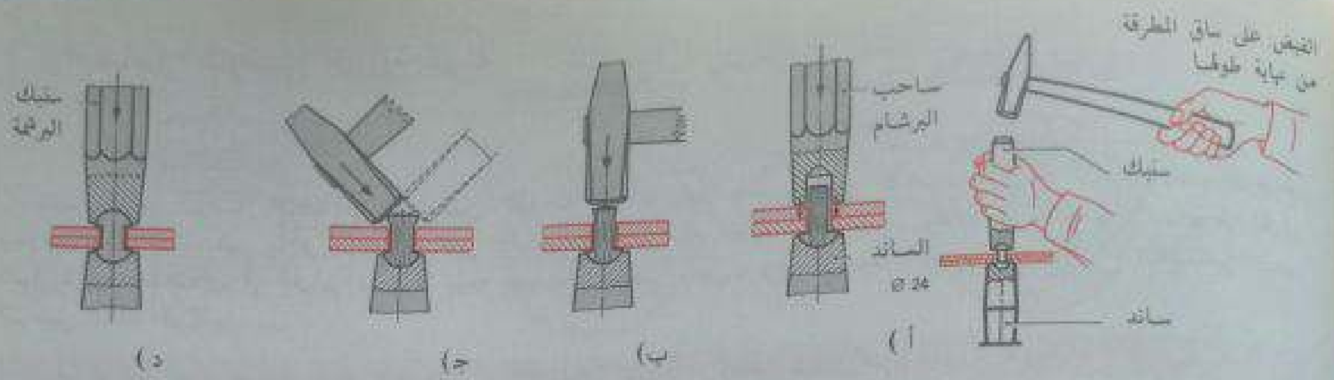


١٨ – ٣ البرشام المخفي «فيرو» يقطع المسمار المولج عند الطول المناسب ويؤدي هذا الجزء المقطوع مع البرشام إلى إحكام الربط (تقوية).

شكل رأس القفل (البرشمة)		الطول الإضافي البرشمة على البارد	الطول الإضافي البرشمة على الساخن
رأس نصف كروي بقطر	أقل من (20 mm)	1,5 d	1,8 d
	أكبر من (20 mm)		2,0 d
رأس غاطس		0,5 d	0,8 d
رأس نصف غاطس		1,2 d	1,5 d
رأس عدسي غاطس		0,7 d	1 d

٢ – ٢ – ٣ إجراء عملية البرشمة

تبرشم مسامير البرشام التي يكون قطرها أقل من 10 mm (برشام الألواح) عادة على البارد، أما تلك التي يزيد قطرها عن ذلك (برشام المنشآت الفولاذية والصهاريج) فتبرشم على الساخن. وتتم عملية البرشمة إما باليد أو بمكنة البرشمة، وتجهز ثقوب البرشام عادة بالمثقب، ويندر استعمال السنبك. ولكي يمكن الحصول على وصلة برشام سليمة لابد من التأكد من ملء ساق البرشام لكل فراغ ثقب البرشام. وبعد إدخال مسمار البرشام في ثقب الوصلة يسند رأس الارتكاز بساند ثم يضغط طرفا الوصلة قبالة بعضهما البعض بواسطة ساحب البرشام (شكل ١٩ – ١) وبعد ذلك يبدأ طرق المسمار رأسيا لكبسه بواسطة مطرقة حتى يملئ ثقب الوصلة. وفي النهاية يشكل رأس القفل الكروي بالطرقات المائلة والدائرية.



١٩ - ١ تسلسل طريقة العمل للبرشمة اليدوية: إدخال المسمار، سند رأس الارتكاز بساند.
أ) ضغط طرفي الوصلة بساحب البرشام.
ب) فلطحة طرف البرشام بطرقات رأسية لتكوين الرأس.
ج) تشكيل رأس القفل بطرقات مائلة ودائرية.
د) إنهاء تشكيل رأس القفل بسنبك البرشمة.

١٩ - ٢ الأخطاء الناشئة في البرشمة

الخطأ ومصدره	أثر الخطأ	الخطأ ومصدره	أثر الخطأ
الثقب: ثقب كبير	لا يملأ ثقب البرشام بعد البرشمة. يصبح رأس القفل صغيرا.	سنبك البرشمة: سنبك كبير جدا	يتشوه السنبك سطح الوصلة
ثقب مائل	يرتكز الرأس على جانب واحد.		
الثقبان يختلفان في تطابق محوريهما	يضعف مقطع البرشام عند منتصفه، ومن ثم تضعف الوصلة.	سنبك صغيرا جدا	يتشوه السنبك رأس البرشام
طول البرشام: برشام قصير	يصغر رأس القفل وبالتالي يتشوه سطح الوصلة بسنبك البرشمة.	سنبك مائل في وضعه	يتشوه أحد جوانب سطح الوصلة
برشام طويل	يؤدي المعدن الفائض إلى تكبير رأس القفل وحصول تضخم فيه.		
شد طرفي الوصلة: شد ضعيف	يتفلطح مسمار البرشام في وسطه فيقل الطول ولا يكفي لتشكيل رأس القفل.	ترتيب البرشمة: ١ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ترتيب خاطئ للبرشمة في الوصلات الطويلة (١) مطرقة خفيفة (٢) مطرقة ثقيلة (٣) كتلة الساند صغيرة (٤)	تتعرج الألواح ولا تنطبق على بعضها (١). تحتاج إلى طرق كثير وبالتالي يتصلد ويتشقق رأس البرشام (٢). يحدث انبعاج كبير في الشكل وبالتالي يتشوه رأس البرشام (٣). يصبح رأس البرشام غير قابل للفلطحة (٤).
شد قوي	ينبعج لوحا الوصلة بين مسامير البرشام.		

٢ - ٢ - ٤ فك وصلة البرشام:

عند استبدال جزء مبرشم بآخر لابد من فك وصلة البرشام القديمة، ويتم في كل الحالات إتلاف البرشام القديم. ولفك البرشام هناك طريقتان مناسبتان هما:

- يثقب رأس البرشام ثم يزال بالأجنة. وينزع مسمار البرشام من ثقبه بالدق عليه بالسنبك، وبهذه الطريقة لا يصيب وصلة البرشام أي تشويه أثناء الفصل (شكل ١٨ - ٢).
- يضرب رأس البرشام بأجنحة مسطحة والمطرقة. يؤخذ الحذر من حدوث إصابات (بسبب تطاير الأجزاء).

أسئلة:

١ - ما هي الصفات التي يجب توافرها في مادة تصنيع مسامير البرشام؟
٢ - ما هو المقصود ببرشام الألواح؟
٣ - متى يستخدم البرشام المخفي؟
٤ - صف طريقة البرشمة اليدوية.
٥ - ما هي وظيفة ساحب البرشام؟
٦ - ما هي العيوب التي يمكن أن تنشأ في عملية البرشمة؟
٧ - ما هي خطوات فك وصلة مبرشمة؟
٨ - صف عملية برشمة بطانة المكبح أو بطانة القابض.

٢ – ٣ عناصر التوصيل الناقلة للحركة

تقوم عناصر التوصيل الناقلة للحركة بتوصيل عمود مع صرة، وتحكم هذه العناصر الأجزاء المربوطة (المثبتة) ضد الترحرح، وبالإضافة إلى هذا، فهي تلائم جزئيا نقل قوى الإدارة من العمود إلى الصرة أو بالعكس. وغالبا ما تستخدم الأصابع أو الخوابير المتوازية (Feather Key)، أو الخوابير المستدقة (Tapered Key) كعناصر وصل. ويميز في هذا الخصوص بين الأنواع التالية من عناصر التوصيل الناقلة للحركة:

وصلات الأصابع – وصلات الخوابير المتوازية – وصلات الخوابير المستدقة – عناصر توصيل أخرى ناقلة للحركة.

٢ – ٣ – ١ وصلات الأصابع

تعتبر وصلات الأصابع يسيرة الصنع سهلة الفك، وتحمل الأصابع بإجهاد قص كما يمكنها إذا اقتضى الأمر، نقل القوى، وهي لا تسبب إجهادات تثبيت على الأجزاء المربوطة (شكل ٢٠ – ١أ و ب).

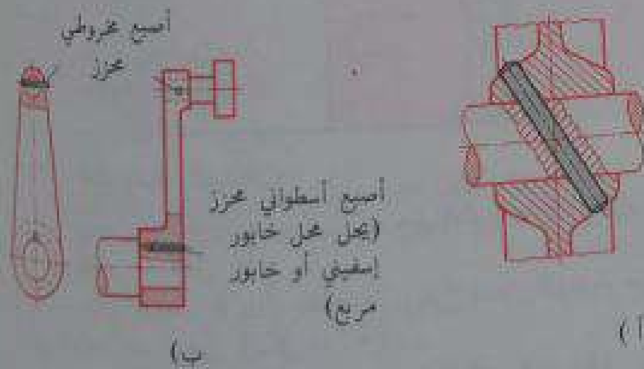
أنواع الأصابع (Pins): أصابع الازدواج: وهي لا تنقل أية قوى بل تقوم فقط بإحكام موضع قطعتي شغل الواحدة بالنسبة للأخرى، أصابع تثبيت: وتقوم بوصل الأجزاء الإنشائية بعضها البعض وصلا محكما، وتصلح لنقل القوة، ويمكن استخدامها بدلا من المسامير الملولبة.

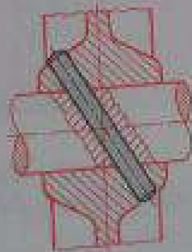
أصابع إحكام (Locking Pins): وتقوم بمنع الأجزاء المجمعة من الانفكاك عن بعضها، أو من دفع بعضها البعض (الانزلاق). أما أصابع القص (Shearing Pins) فتؤدي عدة وظائف. فهي تقرن الأجزاء، وتنقل القوى، كما تحول دون تباعد الأجزاء الموصولة عن بعضها وتحميها، عن طريق إيقاف نقل القوى، بحدوث القص فيها قبل التحميل الزائد.

٢ – ٣ – ٢ أشكال واستخدامات الأصابع

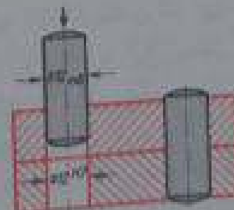
الأصابع الأسطوانية (شكل ٢٠ – ٢أ) تستخدم غالبا كأصابع ازدواج. أما الأصابع المخروطية فتجهز دائما بمخروط نسبته 1:50، وهي باهظة التكاليف، ويمكن فك الوصلات المربوطة بالأصابع المخروطية مرارا دون المساس بكفاية التوصيل.

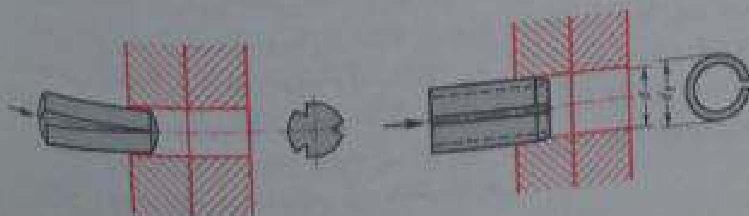
تتكون جلب التثبيت (شكل ٢٠ – ٢ب) من أسطوانات مجوفة مشقوقة مصنوعة من فولاذ النوابض، حيث تمكنها قوة النابض من الاستقرار في موضعها، ويجب أن تستبدل بعد كل عملية فك. أما الأصابع المحززة (شكل ٢٠ – ٢ج) فلها حزوز مدلفنة ونتوءات، تلك التي ينتج عنها عمل وصلة شد (إجهاد) عند إيلاج الأصبع في موضعه. وهذه الأصابع بسيطة وسريعة التركيب وتستخدم في المواضع التي تكفيها دقة ازدواج منخفضة.





٢٠ – ١ يمكن وصل الأجزاء الإنشائية مع بعضها بواسطة أصابع التثبيت (التيل).
أ) تثبيت صرة على عمود بواسطة أصبع (تيلة) مستعرض.
ب) ذراع مرفقي لقفل النوافذ مثبت بأصبع، حيث يتحمل الأصبع الأسطواني القوة المنقولة، ويقوم الأصبع المخروطي المحزز بتثبيت مقبض اليد.





٢٠ – ٢
أ) توصيل بأصبع ازدواج
ب) توصيل بجلبة تثبيت
ج) توصيل بأصبع محزز.



٢١ - ١ اختلافات التركيب والقوى المؤثرة في الخابور المتوازي والخابور المستدق.
أ) توصيل بخابور متوازي: توصيل سالب، فوت (Backlash)، إحكام ضد الإلتواء. الانزلاق الطولي (المحوري) للصرة ممكن ودقة تمركز جيدة أثناء الدوران.
ب) توصيل بخابور مستدق: توصيل محكم عن طريق القوى الناشئة عن شد الخابور. إحكام ضد الإلتواء. الانزلاق الطولي أو المحوري للصرة غير ممكن، تمركز الدوران غير مضمون لأن الصرة محكمة الشد (مجهدة).

٢١ - ٢ يجب إحكام عدم الزحزح الجانبي عند تركيب الخابور المتوازي. ويتم إحكام الصرة من جهة اليسار بواسطة كتف العمود، ومن جهة اليمين بواسطة الحلقة والصمولة.

٢ - ٣ - ٣ وصلات الخوابير المتوازية

وصلات الخوابير المتوازية هي من نوع الوصلات الناقلة للحركة، وتستخدم لنقل قوى الدوران (شكل ٢١ - أ). فعندما يدور العمود تنتقل قوة الدوران عبر الخابور إلى الثقب (المجرى)، ويقوم الخابور بتثبيت الصرة في موضعها على العمود، إلا إنه يجب إحكام الصرة ضد الانزلاق الطولي (المحوري) بواسطة مسمار ملولب أو باحتياطات أخرى مماثلة (شكل ٢١ - ٢). ولا يصلح هذا النوع من الوصلات لنقل قوى الإدارة المترددة نظرا لانفكاك الوصلة مع مرور الزمن.

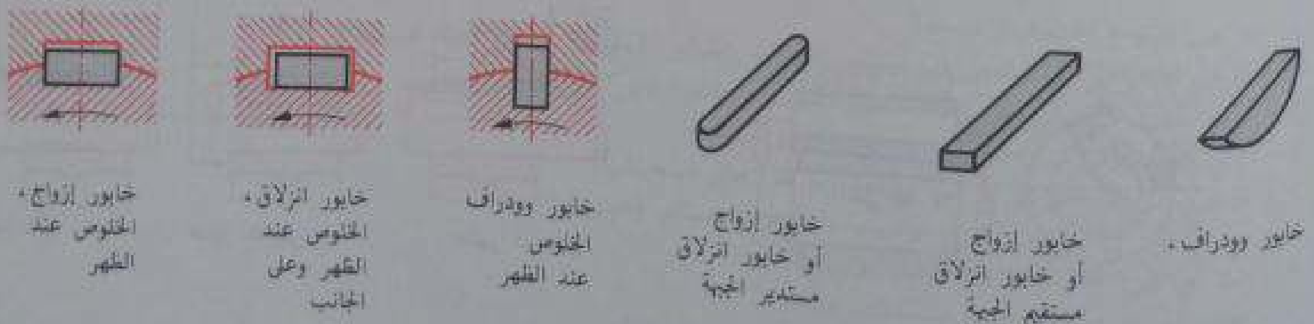
٢ - ٣ - ٤ أشكال واستخدامات الخوابير المتوازية

خوابير الإزواج: (شكل ٢١ - ٣) وتكون ذات جبهة مستقيمة أو مستديرة، وهي غالبا ما تكون أقصر طولا من الصرة وتوضع بإزواج تلاصق في مجاري الأعمدة والصرر، وتحكم الصرة ضد الانزلاق الجانبي. وتستخدم **خوابير الانزلاق** عندما يتعين إمكان إزاحة الصرة على العمود في الاتجاه الطولي (المحوري)، كما هو الحال مثلا في التروس المنزلقة في صناديق التروس البسيطة لتغيير السرعات. وبالتالي يجب أن تكون ذات طول مماثل لمدى حركة الانزلاق، ولكي لا تسقط خارج الثقب (المجرى) فإنه يتم ربطها مع العمود بمسمار ملولب.

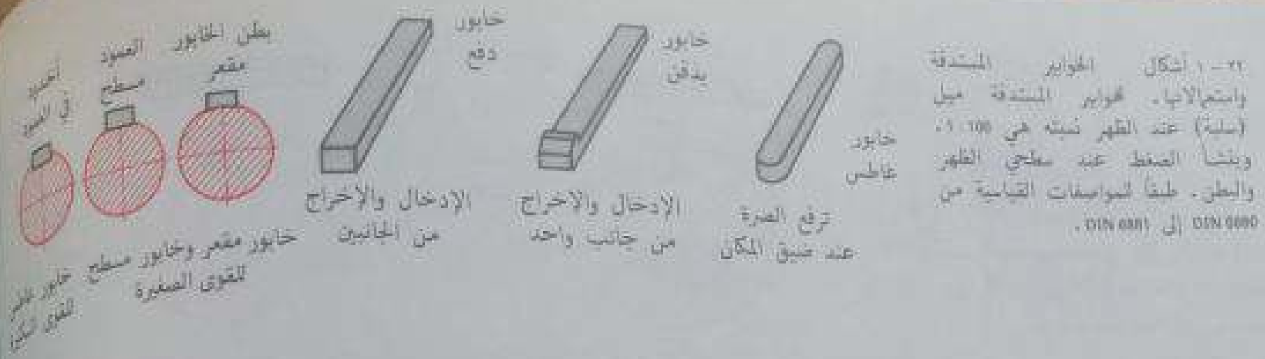
خوابير وودراف (القرصية): وتقوم بربط الأجزاء على النهايات المخروطية للأعمدة ربطا محكما وتثبيت موضع الصرة على العمود، كما هو الحال في تروس الإدارة على عمود الحدبات وعمود المرفق. وتجهز هذه الخوابير من أقراص مستديرة يمكن تركيبها بسهولة. ويؤدي التفريز العميق إلى إضعاف المقطع المستعرض للعمود.

٢ - ٣ - ٥ وصلات الخوابير المستدقة

تنقل وصلات الخوابير المستدقة قوى الإدارة عن طريق الاحتكاك. فعندما يدفع الخابور أو تركب الصرة تنضغط الصرة والخابور والعمود على بعضها (شكل ٢١ - ١ ب). ويمكن فك هذا النوع من وصلات الخوابير. كما أن للخابور ميل (سلبة) نسبته 1:100، ويجرى إيلاجه بحيث يكون سطح البطن في مواجهة العمود ويكون الظهر في مقابلة الصرة.



٢١ - ٣ أشكال وأنواع الخوابير المتوازية. ليس لخوابير المتوازية ميل. ولذا فهي لا تحدث توصيلات شد، وتوضع بعض الخلوص عند الظهر. ولخوابير الانزلاق خلوص جانبي أيضا.



٢٢ - ١ أشكال الخوابير المستدقة واستعمالاتها. لخوابير المستدقة ميل (سلبة) عند الظهر نسبته هي 100 :1، وينشأ الضغط عند سطحي الظهر والبطن، طبقاً للمواصفات القياسية من DIN 6880 إلى DIN 6881.

٢ - ٢ - ٦ أشكال واستخدامات الخوابير المستدقة

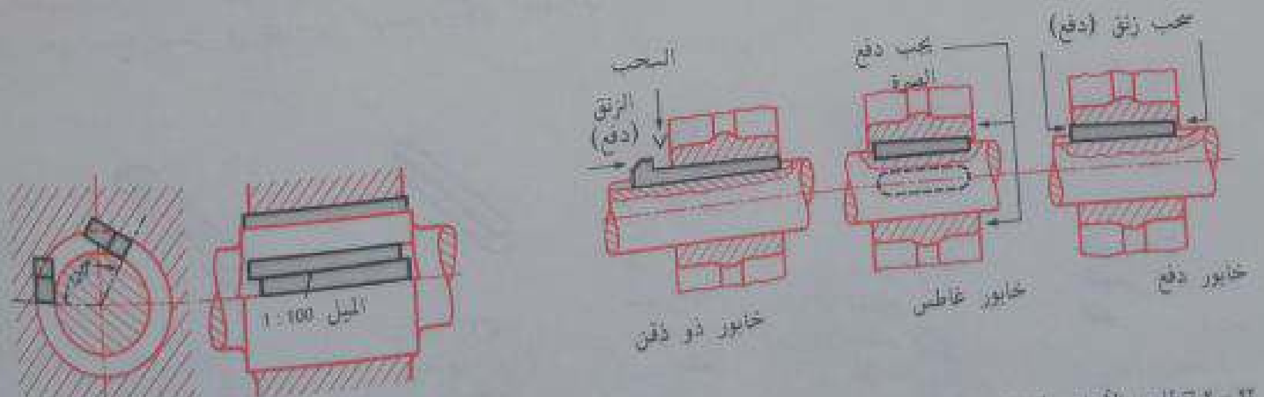
يتطلب خابور الدفع Drive Key (شكل ٢٢ - ١، ٢) وجود مكان كاف على كلا الجانبين لمقدمة أداة دفع الخابور. ويعتبر الخابور ذو الذقن أيضا خابور دفع، ويستخدم الخابور الغاطس (شكل ٢٢ - ١، ٢) عندما يراد ألا يكون مجرى الخابور بارزا عن العمود أو الصرة، ويكون تركيبه في المجرى بازواج التضاق ثم تدفع الصرة المراد تركيبها. خوابير المماس : Tangent Keys (شكل ٢٢ - ٣) وتمكن من نقل عزوم الدوران العالية جدا، وعندما يراد نقل قوى متوسطة القيمة، يستبعد تفريز المجاري في العمود (وهذا يُضعِف أعمال التركيب بسبب عملية الزنق). وفي هذه الحالة يستعمل الخابور المسطح (شكل ٢٢ - ١) وهو لا يحتاج إلى شقب وإنما إلى تسطيح بالعمود فحسب، ويتم عمل هذا التسطيح باستعمال المبرد. لا يسبب استخدام الخابور الراكب (Saddle Key) (شكل ٢٢ - ١) أي إضعاف للعمود، ويقعر الخابور في الجانب السفلي بحيث يتوافق مع السطح العلوي للعمود. وإذا تعذر استعمال أداة دفع الخابور فإنه يمكن استخدام خوابير مسطحة أو خوابير راكبة ذات ذقن.

٢ - ٢ - ٧ أنواع أخرى من الوصلات ناقلة الحركة

تتسبب وصلات الخوابير المتوازية والمستدقة في إضعاف الأعمدة والصرر. ومن ثم يجب اختيار قطر للعمود بحيث يكون أكبر من قطر المقطع الخالي من الثقوب (المجاري). وبالتالي تصبح الأجزاء ثقيلة وكبيرة. ومن العيوب الأخرى، أن نقل قوة الدوران لا يتم إلا عن طريق موضع واحد على محيط الصرة. وبسبب وجود الخابور حدوث اختلال في التوازن. وهذه العيوب لا توجد في وصلات نقل الحركة التالية: الأعمدة المحددة ومسننات هيرث والمسننات المحززة (المثلثة).

الأعمدة المحددة (شكل ٢٣ - ١) طبقا للمواصفات القياسية DIN 5463، وهي أعمدة ذات مقطع واجهي متعدد الأخاديد. وتستخدم بكثرة في صناعة المركبات كما هو الحال مثلا في توصيل الأعمدة الموصلة بالإيلاج، وفي توصيل الأجزاء القابلة للزحزحة في العمود وكذلك في صناديق التروس (تغيير السرعات). وتصنع هذه الأعمدة من أجسام مصمتة. وبذا يكون الضعف الحادث بالعمود ضئيلا. ويمكن نقل عزوم الدوران الكبيرة وكذلك عزوم الدوران ذات الطبيعة الصدمية. ويتم ذلك عبر عدد كبير من السطوح الجانبية (من 6 إلى 20)، التي يمكن تقدير إسهام 75% منها في النقل عندما يتم إنتاجها بدقة.

تسنين هيرث: ويصلح - في المرتبة الأولى - لوصل نهايتي عمودين أو ساعدي مرفق (شكل ٢٣ - ٢)، حيث تنقل قوة الدوران بواسطة مجموعة من الأسنان كبيرة الحجم متداخلة في بعضها. وعند استعمال هذا النوع من الوصلات يجب أن تكون الأعمدة أو الأجزاء (البنون) مجوفة حتى يمكن وصل الأجزاء بعضها ببعض بالمسامير الملولبة. وتكون الأعمدة سهلة التركيب والفك. وتستخدم أعمدة الزنق



٢٢ - ٢ تتطلب الأنواع المختلفة من الخوابير ممارسات متباينة للتركيب والفك.

٢٢ - ٣ تتحمل خوابير المماس أحمال الصدم والتردد، ويوضع المجاري اللازمان لوصلة الشد هذه بشكل مزاح، وبحيث يعملان فيما بينها زاوية قدرها °120.

M32 × 1.5
M32 × 2
مسمار ملولب

اتجاه التحرك (منزلق)

٢٣ - ١ طاقم تروس لمجموعة إدارة قابل للزحزحة (الانزلاق) على عمود مخدد Splined Shaft

٢٣ - ٢ جزء من عمود مرفق مركب بالتجميع بواسطة مسننات هيرث (Hirth) التي تمكن من استعمال أعمدة مرفق ذات محامل متدحرجة، وتجهز الأسنان كما هو مبين في الشكل ٢٣ - ٢، ويكون عدد الأسنان طبقاً للقطر الخارجي. وتربط الأجزاء بواسطة مسامير ملولبة ذات أسنان متباينة الخطوة

زاوية الجوانب °60،
جذر السن مستدير،
قمة السن مسطحة

٢٣ - ٣ تثبيت رافعة بواسطة حزوز تسنين، ويطابق شكل السن مع أسنان اللولبة المترية. وهي سهلة الضبط وتؤمن بطوق أو كتف أو حلقة حابكة Circlip أو مسمار قمط.

ذات مسننات هيرث في محركات السيارات الرياضية وسيارات السباق. وهي كثيراً ما تستخدم في محركات الطائرات، نظراً لخفة وزنها وكبر مقاومتها.

التوصيل بحزوز التسنين (شكل ٢٣ - ٣)، يتداخل فيها العديد من الأسنان المحززة الصغيرة للصرة والعمود في بعضها. ولما كانت الأسنان هنا دقيقة فإن إضعاف العمود والصرة يكون في هذه الحالة أقل مما هو عليه في حالة العمود المخدد. ويمكن ضبط موضع الصرة في اتجاه الدوران ضبطاً عالي الدقة.

العلاقة بين الصرة وعزم الدوران وعنصر التوصيل:

الصرة	عزم الدوران	عنصر التوصيل
قصيرة	صغير	أصبع (تيلة) أو خابور ووداف أو خابور مستدق
	في اتجاه واحد	أصبع (تيلة) أو خابور إزواج
	ترددي الاتجاه	خابور تماس أو مقطع واجهي متعدد الأخاديد
	كبير	مقطع واجهي متعدد الأخاديد أو ذو أسنان محززة
قابلة للزحزحة	كبير	خابور انزلاق أو مقطع واجهي متعدد الأخاديد
رقيقة الجدار	صغير	مقطع واجهي ذو أسنان محززة أو أصبع (تيلة)

أسئلة:

١ - ما هي الأنواع المختلفة للأصابع؟ - بين كيفية تحميلها.
٢ - ما هي الأغراض التي تستعمل فيها الخوابير المتوازية والخوابير المستدقة؟
٣ - ما هو الفرق الأساسي بين وصلة الخابور المستدق ووصلة الخابور المتوازي؟
٤ - أذكر عيوب وصلات الخوابير المتوازية والخوابير المستدقة.
٥ - ما هي مميزات وصلات الأعمدة المخددة وما هو مجال استخدامها؟
٦ - أي الأجزاء في المركبات يجري توصيلها باستعمال الأصابع (البنور)؟
٧ - ضد أي شيء تحكم وصلات خوابير الإزواج؟
٨ - صف السمات الخاصة ومزايا مسننات هيرث.
٩ - في أي مجال يغلب استخدام أعمدة المرفق ذات تسنين هيرث؟

٢ – ٤ اللحام بالسبائك (اللحام الرخو واللحام الصلد)

اللحام بالسبائك : هو عملية وصل قطع الشغل المعدنية بواسطة معدن إضافي مصهور ، هو سبيكة اللحام التي تكون درجة حرارة انصهارها أقل من درجة حرارة انصهار المواد الأساسية الجاري لحامها ، وبذا تسخن الأجزاء المراد لحامها دون أن تصهر ، وينساب معدن اللحام بين الأجزاء المعدنية ويتغلغل قليلا داخل أسطحها العلوية مكونا سبيكة . ويستفاد من الخاصية الشعرية في معظم عمليات اللحام هذه ، حيث تقوم الشقوق الضيقة بسحب المواد المائعة كذا معدن اللحام المنصهر إلى داخلها . وتزداد مقاومة درزات اللحام للإجهادات كلما نقصت تخانة سبيكة اللحام . ومن مميزات اللحام بالسبائك أنه يمكن من توصيل قطعتي شغل بوسائل بسيطة وعند درجة حرارة منخفضة نسبيا .

يمكن التمييز بين طرق اللحام الآتية :

● اللحام الرخو Soft Soldering

سبيكة اللحام : سبيكة لحام رخوة أو سريعة اللحام ، وتكون درجة حرارة انصهارها دون 500°C

● اللحام الصلد Hard Soldering

سبيكة اللحام : سبيكة لحام صلدة ، وتكون درجة حرارة انصهارها أعلى من 500°C

ولوصلات اللحام هذه متطلبات عديدة تتوقف على مجال الاستخدام ، منها ما يخص المتانة والإحكام ضد التسرب ومقاومة الصدأ والمظهر الخارجي وما إلى ذلك .

٢ – ٤ – ١ اللحام الرخو Soft Soldering

تتكون مادة اللحام الرخو من سبائك من الرصاص والقصدير ، ويمكن التمييز بين الأنواع الآتية ، طبقا للمواصفات القياسية DIN 1707 :

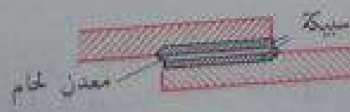
الرمز	نسبة القصدير	نسبة الرصاص	درجة حرارة اللحام	الاستخدام
Sn 25 Pb	25%	75%	~260°C	للحم التجاويف في أجسام المركبات
Sn 30 Pb	30%	70%	~250°C	
Sn 40 Pb	40%	60%	~225°C	لحام وصلات النحاس الأصفر والصاج المطلي بالقصدير
Sn 60 Pb	60%	40%	~185°C	لقصدرة سلك النحاس والمحامات بالكاوية الكهربائية

٢ – ٤ – ٢ مساعد التلاحم Flux

يتطلب اللحام الجيد تخليص الأجزاء المراد لحامها من كافة المواد الغريبة كالشحم والصدأ والطلاء تخليصا تاما ، وتجرى عملية التنظيف هذه التي تنجز قبل البدء في اللحام آليا ، باستعمال السنفرة والبرادة والكشط ، إذ لا يستطيع مساعد التلاحم تنظيف موضع اللحام ، وإنما يساعد على تحلل طبقة الأكسيد التي لا تزال قائمة ويعيق تكونها من جديد أثناء التسخين . ويكون مساعد التلاحم إما على هيئة عجينة أو مسحوق أو سائل ، كما توجد أيضا أسياخ لحام مجوفة مملوءة بمساعد التلاحم المطلوب .



لحام رديء
تسخين غير كاف ، شق لحام عريض ، لذا فإن معدن اللحام لا يكون سبيكة وإنما يقوم بالالتصاق فحسب ، وتكون مقاومة درزة اللحام للإجهادات ضعيفة .



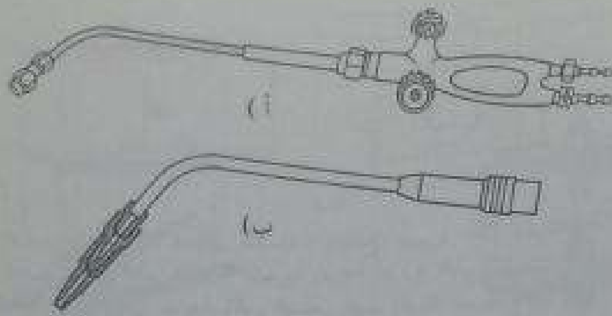
لحام عادي
تسخين واف ، شق لحام صغير ، تتسابك سبيكة اللحام تسابكا جيدا على كلا الجانبين . وتوجد طبقة وسيطة رقيقة من سبيكة اللحام غير المتسابكة ، مقاومته للإجهادات جيدة .



لحام مثالي
تضغط الأجزاء على بعضها البعض بعد سريان سبيكة اللحام وتتسابك سبيكة اللحام بأكملها تسابكا جيدا ، ولا تنشأ طبقة وسيطة غير متسابكة ، مقاومته للإجهادات جيدة جدا .

٢٤ – ١ يلزم تسابك معدن اللحام ومعدن الوصلة عند إجراء اللحام .

٢-٥ أدوات الحام الخاصة بدرجات الحرارة العالية .
أ) مشعل (بوري) لحام الصلد ذو منفث متعدد الثقوب .
ب) مشعل (بوري) لحام ذو طاقم لحام الصلد .



٢-٤-٣ طريقة إجراء الحام الرخو

عندما يتعين لحام أجزاء ما يجب أولا تنظيف المعدن حتى يصبح لامعا عند موضع الحام ، ويمكن الحصول على درجة الحرارة اللازمة للحام بواسطة كاوية لحام ، ويجري تسخين الكاويات - الدارج استعمالها في الوقت الحالي - بوسائل كهربائية . وتنظف كاوية الحام الساخنة بالحك على حجر النشادر ، وتغمس في سبيكة الحام لتصبح مقصدرة أي يعلق بطرفها بعض من القصدير المنصهر . وعندما تكون درجة الحرارة صحيحة ، ينشأ لهب أخضر عند حك الكاوية على حجر النشادر . وتوضع كاوية الحام المقصدرة فوق منطقة الحام ، ويجب الانتظار حتى تسخن قطع الشغل منها وتتغلغل سبيكة الحام في الوصلة . وقد يحتاج الأمر إلى إمداد الكاوية بمزيد من معدن الحام على طول موضع الحام . ويجب عدم تعرض قطع الشغل الملحومة إلى الاهتزاز قبل أن تتجمد سبيكة الحام . وبعد ذلك تزال بقايا مساعد التلاحم العالقة .

٢-٤-٤ الحام الصلد Hard Soldering

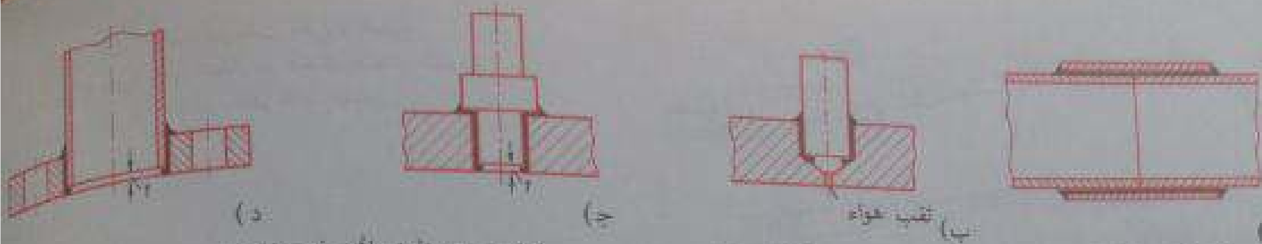
يتميز الحام الصلد بمقاومة إجهادات أعلى من الحام الرخو ، كما يمكن تعريضه لدرجة حرارة عالية . ويمكن إجراء عملية الحام الصلد للفولاذ وحديد الزهر الرمادي وحديد الزهر الطروق وكذلك حديد الزهر الصلد والنحاس وسبائكه والمعادن الصلدة (الكربيدات الملبدة) والمعادن الثمينة والألومنيوم .

٢-٤-٥ سبائك الحام

تكون درجة حرارة انصهار معادن وسبائك الحام الصلد أعلى من 500°C			
التسمية	الرمز	درجة حرارة الحام	المعادن التي يستخدم لها الحام الصلد .
سبائك نحاس أصفر لحام	Ms 42	845°C	
ذات نسب نحاس مختلفة	Ms 48	870°C	الفولاذ وحديد الزهر الرمادي
ستة أنواع	Ms 54	890°C	والنحاس
	Ms 60	900°C	
	Ms 63	910°C	الفولاذ وحديد الزهر الرمادي
	Ms 85	1020°C	
سبائك فضة لحام	Ag 8	860°C	الفولاذ وحديد الزهر الرمادي
سبائك نحاس أصفر لحام	Ag 12	830°C	نفس استخدامات سبائك الحام من النحاس الأصفر ،
ذات نسبة فضة	Ag 25	780°C	سيلة التشغيل
من 8% حتى 60%	Ag 45	620°C	تصلح للمشغولات الدقيقة
	Ag 50	700°C	
سبائك فسفورية لحام نحاس مع فوسفور بنسبة 8%	Cu P 8	710°C	النحاس (النقي)
نحاس (نقي)	SCu	1080°C	لحام الأطراف الكربيدية (الخاصة بالقطع) على الفولاذ
سبيكة ألومنيوم لحام	AlSi 13	570°C	الألومنيوم وسبائكه
	Al 80	540°C	

٢-٤-٦ مساعد التلاحم

نظرا لارتفاع درجات حرارة التشغيل في الحام الصلد (راجع الجدول) ، فسرعان ما تتكون طبقات متأكسدة على المعادن المطلوب لحامها مما يعوق تسابك معدن الحام مع قطعة الشغل ، وبالتالي تقل سلامة الوصلة بين سبيكة الحام والمعدن المطلوب لحامه . وتستعمل



٢٦ - ١ أمثلة عملية لحامات الصلدة، وتوضح ضرورة اتخاذ إجراءات خاصة، بسبب تأثير الخاصية الشعرية ودرجة حرارة اللحام العالية.
أ) وصلة أنبوب منتجة باللحام الصلد. يجب إضافة سبيكة اللحام من جانب واحد حتى لا ينحصر مساعد التلاحم في الوسط.
ب) أصبع ملحوم في ثقب مسدود. يجب وجود مخرج في قاع الثقب ليخرج منه الهواء لأنه في حالة عدم وجوده تنشأ قوة ضاغطة تدفع بالأصبع إلى الخارج نتيجة تمدد الهواء المنحصر.
جـ) أصبع ملحوم في ثقب نافذ. يجب أن يكون الأصبع أقصر من طول الثقب بمقدار 1 mm حتى لا تبرز درزة اللحام عن القاع.
د) شفة ملحومة على ماسورة. يجب أن تبرز الشفة بمقدار 1mm.

مساعدات تلاحم تغطي وتحمي الأسطح المعدنية وهي: البوراكس ومخاليط البوراكس والكلوريد ومخاليط السليكات. ولا يمكن استخدام مساعدات التلاحم الخاصة باللحام الرخو لحام الصلد لأنها تتبخر عند درجات الحرارة العالية.

٢ - ٤ - ٧ طريقة إجراء اللحام الصلد

لعمل اللحامات الصلدة هناك مشعل لحام خاص بذلك (شكل ٢٥ - ١). إلا أن اللحامات الصلدة غالباً ماتنجز بواسطة مشعل اللحام العادي (شكل ٢٥ - ١ ب). وتتم مطابقة الأجزاء مع بعضها جيدا قبل إجراء عملية اللحام. ويكفي شق لحام تخانته 0,1 mm لتقبل سبيكة اللحام. وبعد تنظيف أسطح اللحام بالسنفرة أو البرادة أو التجليخ لإزالة القشور والصدأ والطلاء، تدهن الأجزاء بمساعد التلاحم وتضم على بعضها البعض وتسخن بواسطة مشعل اللحام حتى درجة التوهج الأحمر، ثم يغمس سلك اللحام في مساعد التلاحم ويقرب إلى موضع اللحام. وتنصهر سبيكة اللحام وتتغلغل في شق اللحام. ويمكن أحيانا إضافة المزيد من سبيكة اللحام، إلى أن تمتلئ حواف الشق. ويؤدي ذلك إلى زيادة متانة الوصلة. وتتأثر فاعلية مساعد التلاحم بدرجة الحرارة تأثرا بالغا. ويجب مراعاة عدم تعريض قطعة الشغل إلى درجات حرارة عالية لمدة طويلة، كما يجب الحرص على عدم اهتزازها حتى تتجمد سبيكة اللحام تماما. ومن الضروري أيضا إزالة بقايا مساعد التلاحم بواسطة المكشطة أو الفرشاة.

٢ - ٥ اللحام بالانصهار Welding

اللحام بالانصهار هو عملية يمكن بواسطتها إنتاج وصلة متينة وقوية لقطعتين أو أكثر من نفس المعدن لتصبح قطعة واحد. وتشكل منطقة اللحام مع بقية القطعة جسما متكاملا متجانسا.

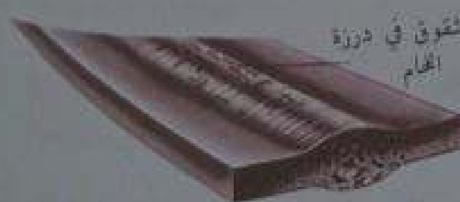
وتعتبر وصلات اللحام وصلات دائمة (غير قابلة للفك). وقد طغى اللحام على البرشمة وعلى التوصيل بالمسامير الملولبة بشكل جزئي أيضا واحتل مكانهما. ففي صناعة المركبات الآلية يفضل اللحام بالانصهار نظرا لسرعة إنجازه وانخفاض تكاليفه. وتكون وصلات اللحام المنجزة بصورة جيدة متماسكة جدا. ويمكن جعل هذه الوصلات غير ظاهرة، بعد التجليخ والتكسية بالقصدير، مثلما يحدث في أشغال جسم المركبة.



٢٦ - ٢ وصلة لحام انصهار. لا يوجد إضعاف في المقطع المستعرض ولا حاجة إلى شرائح الوصل ومسامير البرشام أو إلى وضع العلامات أو ثقب أو حشو إحكام منع التسرب.



٢٦ - ٣ وصلة برشمة. تحتوي على ثقوب لإدخال مسامير البرشام، وشرائح وصل ومسامير برشام، بالإضافة إلى وجوب وضع العلامات والثقب والحشو لإحكام منع التسرب.



٢٦ - ٤ تغيّر في بنية درزة اللحام. يكبر حجم الحبيبات نتيجة للتسخين ووجود الخبث والإجهادات، بالإضافة إلى حدوث شقوق في درزة اللحام نتيجة للتسخين غير المتجانس.

إجراء اللحام في المواضع التي يصعب الوصول إليها، وينطبق ذلك على جهاز لحام النقطة المزدوج (شكل ٢٧ – ٤)، ويجرى به إعداد وصلات اللحام النقطي من جانب واحد فقط من المشغولات.

لحام الدرزة (الخطي) أو لحام الدرز الدلفيني (شكل ٢٧ – ٢)؛ ويتم في هذه العملية عمل درزة لحام بواسطة أقطاب دلفينية دوارة، وتتكون الدرزة من نقط مفردة متتالية ومتراكبة، وتكون خطوط اللحام من الكثافة بحيث يمكن معها استخدام لحام الدرز الدلفيني في صناعة خزانات الوقود.

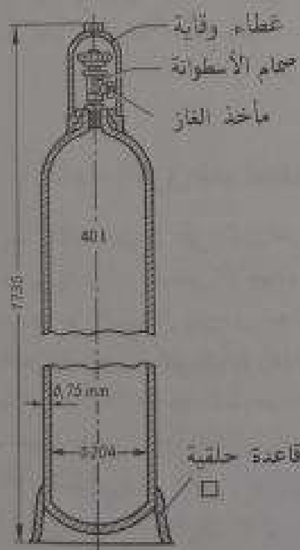
٢ – ٥ – ٢ طرق لحام الصهر

لحام الغاز. وتنتج فيه حرارة اللحام بواسطة لهب احتراق غاز وأكسيجين، ويكثر استخدام غاز الأسيتيلين كغاز اشتعال. أما غاز الهيدروجين فيندر استعماله. ويعطي خليط متساو من الأسيتيلين والأكسيجين درجة حرارة لهب تبلغ حوالي 3200°C، وتجرى عملية خلط الغازات في المشعل ثم تخرج من الفوهة حيث تشتعل. ويصلح اللحام بالغاز لجميع المعادن فيما عدا السبائك الخاصة.

الغازات المستخدمة في اللحام: كان غاز الأسيتيلين ينتج في المصانع سابقا وذلك في محضرات الأسيتيلين من كربيد الكالسيوم والماء. أما في الوقت الحاضر فيستمد في الغالب من أسطوانات سعة الواحدة منها 40 l، وسمك جدارها من 4 mm إلى 5 mm، ويمكن أن يصل ضغط الملء فيها إلى 15 bar فوق الضغط الجوي. ولما كان الأسيتيلين الواقع تحت ضغط كبير ذو قابلية شديدة للانفجار، لذا فإنه يذاب في مادة الأسيتون، وتحتوي أسطوانات الغاز على حشوة مسامية تتكون من الأسبستوس والفحم النباتي والدياتوميت مغمورة في حوالي 16 l من الأسيتون. ويمكن للأسيتون أن يستوعب 25 حجما مماثلا له من الأسيتيلين. فمثلا تحتوي أسطوانة سعتها 40 l على 6000 l من الأسيتيلين أو مايعادل $6\ m^3$. وتميز أسطوانات الأسيتيلين عن غيرها من أسطوانات الغاز بلونها الأصفر.

وكذلك فيورد الأكسيجين اللازم للحام في أسطوانات مصنوعة من الفولاذ عالي الجودة، وخالية من درزات اللحام. ونظرا للارتفاع الشديد لضغط الغاز، والذي يبلغ 150 bar، يكون سمك جدار هذه الأسطوانات أكبر إذ يبلغ 8,75 mm. وغالبا ما تكون السعة الحجمية للأسطوانة 40 l، بينما تبلغ قابلية الاستيعاب فيها ($150 \cdot 40 = 6000\ l = 6\ m^3$). وتدهن أسطوانات الأكسيجين باللون الأزرق حتى يمكن تمييزها عن غيرها من الأسطوانات.

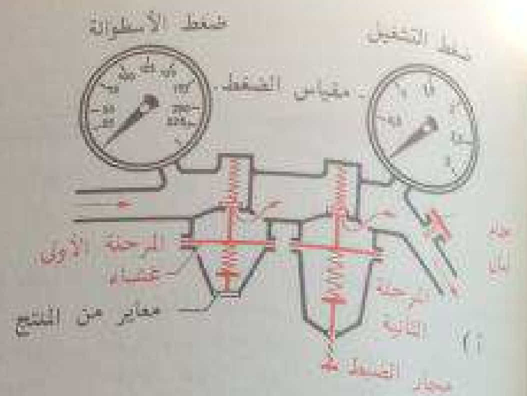
الغاز	اللون المميز للأسطوانة	التوصيل طبقا للمواصفات DIN 477/8547
أكسيجين	أزرق	لولب يميني R 3/4"
أسيتيلين	أصفر	وصلة سدادية Ø 15,5 mm
هيدروجين وغازات الاشتعال الأخرى	أحمر	(لولب يساري) W 21,8-1/14"

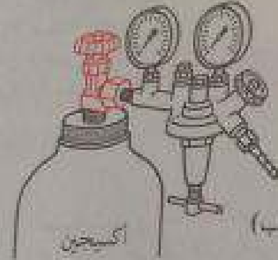


٢٨ – ١ قطاع في أسطوانة أكسيجين سعتها 40 l.

٢ – ٥ – ٣ تعليمات تداول أسطوانات الغاز

القاعدة	التعليل (السبب)
• أمن أسطوانات الغاز ضد الحوادث ولا تلقها.	تقع الأسطوانات تحت ضغط غازي عال مما قد يسبب انفجارها عند تعرضها للصدمات.
• لاتعرض الأسطوانات لحرارة اللهب أو لأشعة الشمس.	تمدد الغاز المضغوط وقد يتسبب في تفجير الأسطوانات.
• احفظ سدادات أسطوانة الأكسيجين والأجزاء المحيطة بها خالية من الزيت والشحم.	يشتعل الزيت والشحم بالأكسيجين النقي الواقع تحت الضغط بشكل انفجاري، وتمثل الأيدي الملوثة بالشحم وخرق التنظيف وما إلى ذلك مصدراً للخطر.
• يجب تنفيث الغاز لفترة قصيرة قبل توصيل صمام تخفيض الضغط، وكذلك عدم فتح الأسطوانة بطريقة فجائية.	يمكن للصدأ وجزيئات الأتربة والأوساخ أن تسد الصمامات.







٢-٢١ صمامات خفض (منظمات) الضغط
أ) تمثيل تخطيطي لصمام خفض (منظم) ضغط ذي مرحلتين
ب) صمام خفض (منظم) الضغط لأسطوانة أكسيجين
ج) صمام خفض (منظم) الضغط لأسطوانة الأسيتيلين

- يجب أن تكون أسطوانات الأسيتيلين في وضع رأسي ما أمكن أثناء سحب الغاز.
- لا يسحب غاز أكثر من المعدل من أسطوانات الأسيتيلين (1000 l/h)
- تفقد الأسطوانات كثيرا من عبوة الأسيتون عندما تكون في وضع أفقي.
- ينجرف الأسيتون إلى خارج الأسطوانة عند معدلات التدفق التي تفوق ذلك.

٢-٥-٤ صمامات خفض الضغط لأسطوانات الغاز

تقوم صمامات خفض الضغط بإقلال ضغط الغاز الموجود في الأسطوانات إلى ضغط مناسب للتشغيل، فبالنسبة لغاز الأكسيجين يتراوح ضغط التشغيل من 0,3 bar إلى 3 bar، وللأسيتيلين يتراوح ضغط التشغيل بين 0.01 bar و 0,7 bar.

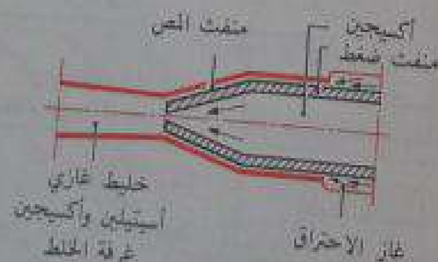
وتقوم صمامات خفض الضغط بإبقاء ضغط التشغيل عند قيمة ثابتة. وتوجد صمامات خفض ضغط ذات مرحلة واحدة وأخرى ذات مرحلتين. وقد زودت كل من أسطوانة الأكسيجين وأسطوانة الأسيتيلين بتجهيزات توصيل متباينة لتفادي الخلط بينهما.

قواعد الاستخدام:

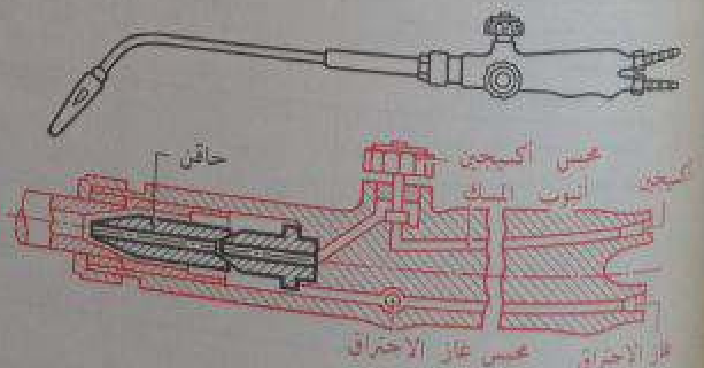
- يجب توصيل صمامات خفض الضغط توصيلا محكما لاسيما بالنسبة للأسيتيلين حيث أن خطر الانفجار قائم.
- يدار مسمار الضبط للخلف، ويفتح صمام الأسطوانة ببطء.
- يضبط ضغط التشغيل بينما يكون مشعل اللحام مفتوحا.
- يقفل صمام الأسطوانة عند انتهاء التشغيل، ثم يوازن صمام خفض الضغط برفع الضغط عنه وتفتح الصمامات المركبة على مشعل اللحام.

٢-٥-٥ مشعل اللحام

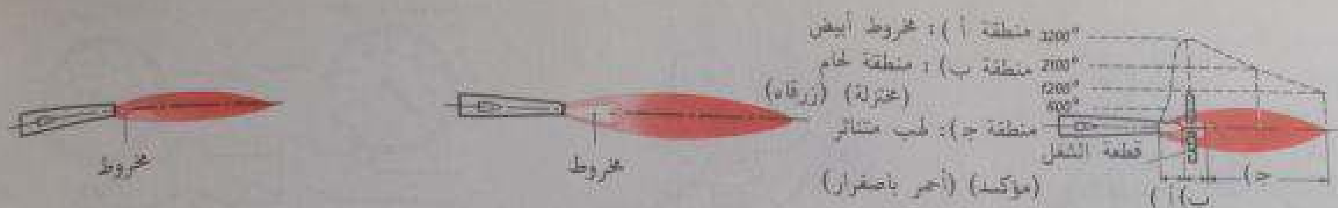
يوصل غاز الاشتعال وغاز الأكسيجين بواسطة خراطيم مطاطية إلى مشعل اللحام حيث يخلطان بالنسبة الصحيحة، ويكون خرطوم الأكسيجين أزرقا أو أسودا وخرطوم غاز الاشتعال أحمرا. وتقوم صمامات مركبة على مشعل اللحام بتنظيم خروج الغاز. ويغلب استخدام مشعل اللحام الحاقن أو الماص (شكل ٢٩ - ٢،٢). وفي هذا المشعل يسحب غاز الاشتعال بواسطة الأكسيجين المتدفق بضغط ويختلط معه داخل غرفة الخلط في وليجة مشعل اللحام.



٢-٢٩ طريقة عمل الحاقن، يخرج الأكسيجين بسرعة تدفق عالية محدثا انخفاضا في الضغط يؤدي إلى سحب غاز الاشتعال.



٢-٢٩ مقطع في مشعل لحام حاقن



٢٠ - ١ ضبط لهب اللحام

صورة لهب متعادل ناجم عن خلط غازي الأكسيجين والأسيتيلين بنسبة ١:١، أي بنسبة خلط صحيحة. ويلاحظ أنه عندما يكون ضبط اللهب صحيحا، فإنه يظهر على شكل مخروط من اللهب فاتح اللون دقيق التحديد. وفي هذه الحالة تكون درزة اللحام متينة ومتماسكة وخالية من الأكاسيد.

صورة لهب في حالة الأسيتيلين الزائد، إذ ينشأ عن ذلك مخروط لهب غير محدد الشكل وذو لون أبيض باصفرار وفي هذه الحالة تتفحم درزة اللحام. وتكون درزات الفولاذ صلبة وقصيفة. ويلحم حديد الزهر الرمادي والألومنيوم بزيادة طفيفة من غاز الأسيتيلين.

صورة لهب في حالة الأكسيجين الزائد. وينشأ عن التدفق المنخفض لغاز الاشتعال مخروط لهب قصير وذو لهيج (لونه بنفسجي أزرق) وفي هذه الحالة يحترق المعدن الملحوم (تناثر شديد للشرر)، كما يتكون خبث في درزة اللحام. ويلحم النحاس الأصفر بزيادة طفيفة من غاز الأكسيجين.

٢ - ٥ - ٦ ضبط لهب الأسيتيلين والأكسيجين

يمكن التعرف على الضبط الصحيح للمشعل بواسطة شكل اللهب، وتتوقف جودة اللحام على النسبة الصحيحة لتركيب الغاز. ويجب أن يعطي اللهب كمية حرارة كبيرة إلى موضع اللحام بأقصى سرعة، وأن يقوم في نفس الوقت باستبعاد أكسيجين الهواء المحيط عن موضع اللحام. ولتحقيق هذا الغرض يتم ضبط المشعل بحيث لايكفي أكسيجين الأسطوانة للاحتراق الكامل، وبذلك يتكون أول أكسيد الكربون (CO) الذي يكون له تأثير مختزل، وتقع منطقة الاختزال التي هي بعينها منطقة اللحام - على بعد 2 mm إلى 4 mm أمام مخروط اللهب حيث يكون للهب أعلى درجة حرارة (حوالي 3200°C). ويسحب غاز أول أكسيد الكربون الأكسيجين اللازم للاحتراق الكامل من الهواء ليتحول إلى ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، وبهذا الأسلوب تنجح عملية إعاقة وصول الأكسيجين من الجو إلى موضع اللحام.

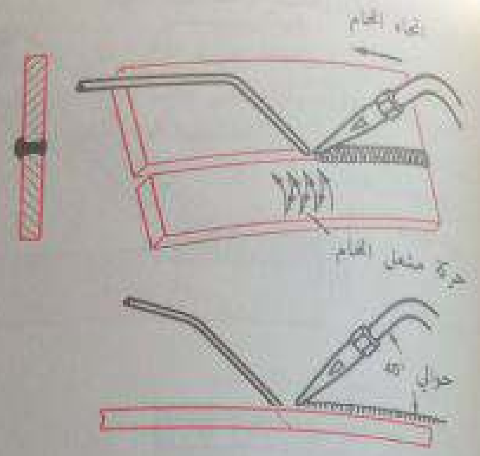
٢ - ٥ - ٧ تحضير المشغولات

قبل إجراء عملية اللحام يجب تنظيف المشغولات بالقرب من درزات اللحام من الصدأ والطلاء والشحم، بواسطة الحك بفرشاة أو بالكشط أو بالتجليخ أو بالمعالجة في حمام حمضي. يعقب ذلك تجهيز شكل درزة اللحام، فتثنى الألواح الرقيقة عند حوافها وتضير (راجع الجدول)، أما الألواح المتوسطة والسميكة فيترك بينها شق صغير لكي تنصهر المادة الملحومة ليس على السطح فقط وإنما في القاع أيضا. وإذا كانت الوصلات طويلة فيجري أولا لحام نقاط تثبيت في مسافات معينة، لتفادي التواء الألواح.

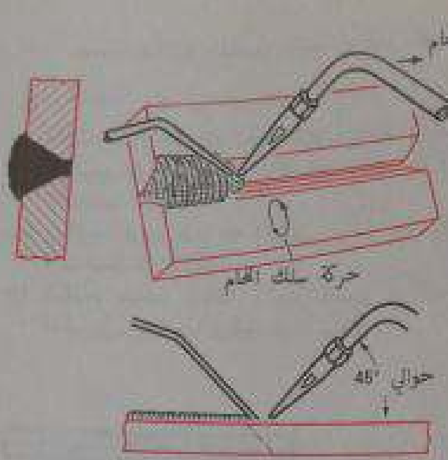
٢ - ٥ - ٨ عملية اللحام

يسخن موضع اللحام بالمشعل ويستمر هذا حتى تتكون كتلة (معدن) منصهرة وتندمج حواف المشغولات في بعضها البعض. وهنا يلزم سلك لحام لملء وتكوين درزة اللحام. ولا يجوز الاسراع في إمرار المشعل حتى تلتحم درزة اللحام من الجانب السفلي أيضا بصورة سليمة.

التمثيل التخطيطي والتسمية	التمثيل الرمزي	سمك اللوح بوحدة mm	الشق بوحدة mm	قطر سلك اللحام بوحدة mm بيانات أخرى
1...2 درزة شفاه		0,5...1,5	بدون شق ارتفاع الشفاه 1...2	بدون استخدام سلك إضافي نقط التثبيت (التنبيط) 40 mm...70 mm
درزة على شكل حرف I		0,5...4	1...4	قطر سلك اللحام 2 mm...4 mm نقط التثبيت 30 mm...120 mm قطر السلك = الشق = سمك اللوح
60° 1,5...3 درزة على شكل حرف V		4...20	1,5...4	قطر سلك اللحام 4 mm...6 mm إرتفاع الحواف 1,5 mm...3 mm
60°...70° درزة على شكل حرف X		10...30	1...3	قطر سلك اللحام 5 mm...6 mm إرتفاع الحواف 2 mm...3 mm



٣١ - ١ اللحام في اتجاه اليسار للألواح الرقيقة ذات سمك أقل من 4 mm.



٣١ - ٢ لحام في اتجاه اليمين للألواح ذات سمك أكبر من 4 mm

ويمكن تجنب حدوث الفقاقيع والتجاويف داخل درزة اللحام، بالضبط الصحيح للهب والقبض على المشعل بصورة صحيحة وتحريكه بشكل منتظم، وعندما تزيد نسبة الأكسيجين في اللهب يسخن المعدن أكثر من اللازم، وتؤدي زيادة نسبة الأسيتيلين الغاز إلى إضافة كربون للمعدن المنصهر، وتقلل كلتا العمليتين من متانة درزة اللحام، فاللهب المتعادل هو النوع الوحيد الذي يعطي وصلة لحام سليمة.

ويمكن التمييز بين أسلوبي عمل في اللحام، الأول هو اللحام في اتجاه اليسار والثاني هو اللحام في اتجاه اليمين. ويفضل اللحام في اتجاه اليسار (شكل ٣١ – ١) للألواح الرقيقة التي يصل سمكها إلى 4 mm وللمعادن غير الحديدية والحديد الزهر؛ ولا يوجه اللهب بالكامل صوب حمام المعدن المنصهر بل ناحية الدرزة المفتوحة، ويحرك المشعل في حركة نصف دائرية ويوجه حسب تقدم حمام الصهر في اتجاه الدرزة إلى اليسار.

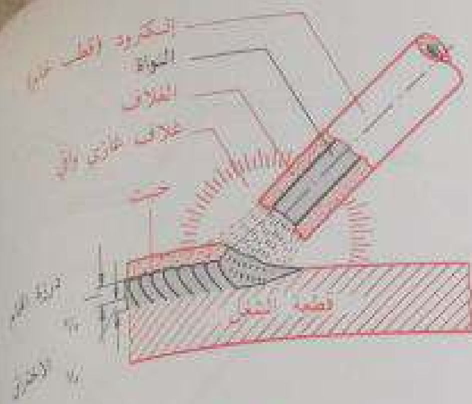
ويعتبر اللحام في اتجاه اليمين (شكل ٣١ – ٢) اقتصاديا للألواح ذات سمك يزيد على 4 mm، ويوجه اللهب بالكامل نحو حمام المعدن المنصهر، ويغمس سلك اللحام في المعدن المنصهر ويحرك بطريقة دائرية. ويضمن اللحام في اتجاه اليمين التوصل إلى لحام نافذ جيد، ويكون الالتواء (التشوه) الحراري أقل قدراً.

٢-٥-٩ عيوب لحام الانصهار بالغاز

الخلل:	السبب:
حواف التقابل غير مصهورة	تباعد كبير للهب اللحام عن درزة اللحام. والمشعل صغير جدا أو سرعة اللحام عالية جدا.
الدرزة صلبة وقصيفة	زيادة نسبة غاز الاشتعال (الأسيتيلين).
عرض الدرزة كبير	حركة تأرجح المشعل كبيرة الاتساع.
درزات اللحام غير منتظمة.	عدم انتظام سرعة اللحام بتغذية السلك، عدم المحافظة على البعد المناسب للمشعل عن قطعة الشغل.
جذر اللحام غير ملتئم	ينساب المعدن المنصهر بسرعة بالغة بسبب القبض الخاطئ على مشعل اللحام.
درزة اللحام ذات جيوب نافذة	مشعل اللحام كبير وسرعة اللحام صغيرة جدا.

٢-٥-١٠ الوقاية من الحوادث

- غازات اللحام هي غازات سهلة الاشتعال جداً، لذا يجب ان تقفل جميع الأجهزة بإحكام، حيث يمكن أن تؤدي الغازات المتسربة إلى حدوث انفجار.
- لاتستخدم سوى مشاعل لحام سليمة، وإلا نشأ خطر عدم إنتظام احتراق مما يتسبب في اندفاعه راجعا إلى ماسورة دخول غاز الاشتعال.
- محظور تماما انجاز اللحام في مكان ضيق، كما يجب العناية بالتهوية الجيدة دائما.
- يجب المحافظة على توصيلات الأكسيجين ولوازمها خالية من الزيت والشحم، حيث أن هذه المواد تسبب خطر الانفجار.
- محظور تماما توصيل خرطوم أسيتيلين بماسورة نحاسية.
- يجب ألا يتعدى الضغط الزائد لغاز الأسيتيلين في الخراطيم 1,5 bar على الإطلاق، إذ قد ينحل الأسيتيلين فوق هذا الضغط - بطريقة قابلة للانفجار.



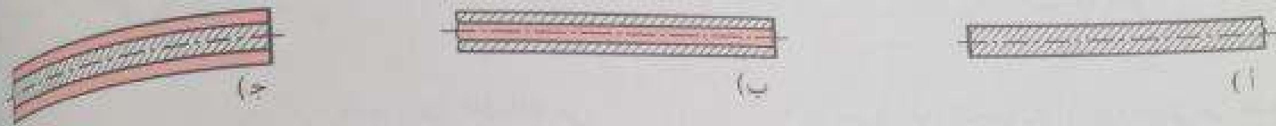
٣١ - ١ انصهار إلكترود (قطب) مغلف في قوس كهربائي.

٣٢ - ٢ إلكترودات التوصيل باللحام طبقا للمواصفات القياسية DIN 1913

أ) إلكترود عاري طراز ٥ (أسلاك لحام مسحوبة أو مدلفنة. تصلح للحامات بتيار مستمر واللحامات العادية).

ب) إلكترود مجوف طراز ٥٥ (تجويف مدلفن ومصنوع من مواد معدنية، يصلح للحامات ذات متطلبات عالية) .

جـ) إلكترود مغلف (أغلفة منتجة بالغمس أو بالكبس، تعمل على استقرار القوس الكهربائي، ووظيفتها الوقاية من الأكسدة) .



- ممنوع بتاتا نقل أسطوانات الغاز دون غطاء واق على صمام الأسطوانة، حيث أن انكسار الصمام الذي قد ينجم عن الانقلاب في الأسطوانة يؤدي إلى اندفاع الغاز المضغوط تحت ضغط عال بعنف هائل.
- يجب عدم تعريض أسطوانات الغاز لأشعة الشمس أو لمصادر حرارية أخرى.
- يجب تأمين أسطوانات الغاز ضد الانقلاب.

٢ - ٥ - ١١ لحام القوس الكهربائي

يقوم القوس الكهربائي برفع درجة حرارة المعدن إلى الدرجة اللازمة لصهره، وينشأ هذا القوس بين قطبي دائرة تيار متردد أو تيار مستمر.

ويؤدي القوس الكهربائي إلى مايلي :

- توليد الحرارة بشكل نقطي بمعنى وجود درجات حرارة عالية جدا في أضيق حيز.
- مغنطة المجال المحيط.
- تأين نطاق القوس الكهربائي بمعنى أن الهواء والغازات تصبح موصلة للكهرباء.
- تنشيط الأكسجين والنيتروجين والهيدروجين للتفاعلات الكيميائية.
- أكسدة معدن قطعة الشغل.

٢ - ٥ - ١٢ عملية اللحام

لإجراء عملية اللحام يوصل أحد قطبي مكنة اللحام بالإلكترود (قطب) اللحام بينما يوصل القطب الآخر بقطعة الشغل. ونتيجة لملامسة الإلكترود لقطعة الشغل ينشأ قوس كهربائي عند إمرار التيار، ويقل جهد الاحتراق (استمرار القوس) كثيرا عن جهد الإشعال، ويتراوح بين 15 V و 20 V. كما تتراوح شدة التيار بين 100 A إلى 200 A، وتكون درجات الحرارة أعلى من 3500°C. ويتم في القوس الكهربائي انصهار موضع اللحام وطرف القطب (الإلكترود)، وتتساقط نقط الإلكترود المنصهرة في حمام الانصهار، وتتحد فيه مع المعدن المنصهر.

٢ - ٥ - ١٣ جهاز اللحام

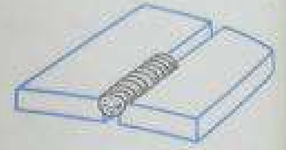
محول جهد اللحام هو عبارة عن محول يقوم بخفض الجهد المتردد للشبكة إلى جهد اللحام. أما محول اللحام الذي يتألف من محول جهد متردد ومولد تيار مستمر، فيتولى تحويل الجهد المتردد لتيار الشبكة إلى جهد مستمر أكثر انخفاضا.

يجب وقاية الوجه وخصوصا العينين، من الأشعة فوق البنفسجية الخطرة الناتجة عن القوس الكهربائي، بواسطة قناع اللحام الواقي. كما تتم وقاية اليدين والجسم بواسطة قفازين ومريول واقي. ويجب تأريض طاولة اللحام وعزل جميع الأجزاء الموصلة للتيار الكهربائي جيدا. كما يجب حجب الأماكن التي تتم فيها عملية اللحام بالقوس الكهربائي بشكل جيد.

٢-١-١١ الكترودات (أقطاب) اللحام

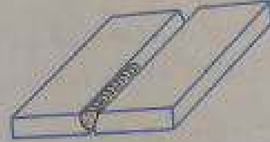
تتوقف جودة ومتانة درزة اللحام على مادة الإلكترودات. ويجب أن تكون الإلكترودات سهلة الإشعال قادرة على المحافظة على القوس الكهربائي، وأن تكون ذات مقاومة إجهاد مناسبة لقطعة الشغل. ويكون اختيار نوع الإلكترودات وقطرها وشدة تيار اللحام بما يتناسب مع المشغولات المطلوب لحامها (شكل ٣٢ – ٢). وكلما كانت قطع الشغل أكثر سمكاً، لزم استخدام تيار ذي شدة أعلى واستعمال إلكترودات ذات قطر أكبر.

٢-٥-١٥ تقييم درزة اللحام



العيوب: اللحام غير نافذ في الدرزة وعمق الاحتراق قليل.

السبب: شدة التيار منخفضة جدا أو أن هناك خطأ في توصيل القطب الموجب.



الدرزة ليست تامة اللحام، ولذا تتكون تجاويف.

تم لحام طبقة واحدة فقط.



درزة اللحام غير متجانسة وعمق الاحتراق ضئيل للغاية مع حدوث تناثر كبير.

شدة التيار عالية جدا أو أن القوس الكهربائي زائد الطول.

٢-٦ محاور العجلات – الأعمدة – المحامل

٢-٦-١ محاور العجلات والأعمدة

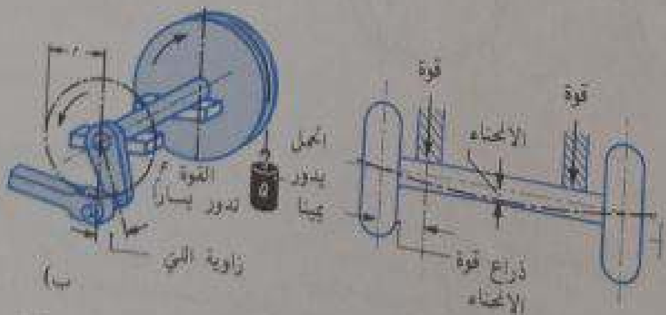
تتوقف تسمية عنصر المكنة بمحور عجلة أو بعمود على نوع التحميل. فمحاور العجلات تحمل أجزاء دوارة أو تدور بنفسها في محامل ثابتة الوضع، وهي تحمّل فقط بإجهاد حناية (شكل ٣٣ – ١أ).

أما الأعمدة فإنها تنقل قوى الدوران وهي لذا تكون محملة بإجهاد لي وغالبا ما تكون محملة أيضاً بإجهاد حناية. وتنتقل قوى الدوران بواسطة عناصر إدارة أو وصلات انكباش أو مرافق. وتسمى هذه الأعمدة في الحالة الأخيرة بالأعمدة المرفقية (شكل ٣٣ – ١ب).

الأنواع والتركيب: يمكن التمييز بين الأعمدة العدلة والأعمدة المعقوفة أي المرافق ذات الثلاث سواعد (أعمدة المرفق). وتتكون المحاور والأعمدة من ساق ومرتكزات، وتحيط المحامل بهذه المرتكزات. وإلى جانب هذا يوجد في عمود المرفق مسامير (بنوز) مرفقية تتصل بالساق بواسطة لحذ (جوانب جاسئة). ويجب أن يكون اتصال المرتكز بالساق مصنوعا بطريقة تمنع حدوث تركز في الإجهاد يؤدي إلى الانكسار (شكل ٣٤ – ١).

وهناك عدة أنواع من الأعمدة هي: الأعمدة الجاسئة والأعمدة المفصلية (شكل ٣٤ – ٢) والأعمدة المرنة Flexible.

معادن التصنيع: نظرا لارتفاع الإجهادات على محاور عجلات وأعمدة المركبات فإنه لا تستخدم لصنعها سوى أنواع الفولاذ عالية الجودة مثل الفولاذ المصلد والمطبع والفولاذ المصلد غلافيا وذلك بنوعيها غير السبائكي والسبائكي. وتستعمل حديثا أنواع من حديد الزهر الرمادي ذات الغرافيت الكروي (حديد زهر ذو كريات من الغرافيت)، وهي تتصف بمرونة مشابهة لمرونة الفولاذ.



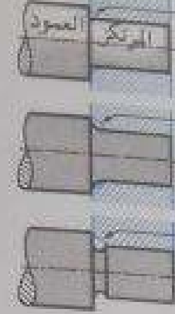
٣-١ تحميل محاور العجلات والأعمدة.
أ) تحدث القوة الواقعة على محمل المحور حناية في المحور.
ب) تؤدي قوة الدوران المؤثرة عند عمود المرفق (عزم الإدارة F ، r) إلى لي العمود.

٣٤ - ١ تكوين شكل انتقالات العمود بالمرتكز، يمكن لتغيرات المفاجئة في المقطع المستعرض للعمود (انتقالات حادة أو وجود حزوز)، أن تمهد لحدوث كسر كلالي Fatigue Fracture، حيث يتركز الإجهاد عند الحواف الحادة.

يؤدي الانتقال بحافة حادة إلى كسر كلالي نتيجة تأثير الحز.

يؤدي كتف المرتكز - المشكل بتقوس على هيئة ربع دائرة أو قطع مكافئ - إلى تقليل تأثير الحز.

عند التجليخ يجهز المرتكز بحز خلوصي عند موضع الاتصال إلى العمود لسهولة التجليخ.





٣٤ - ٢ تقوم الأعمدة المفصلية بنقل القوى بين الأعمدة المرحلة (المزاحة) وأداة الوصل المتحركة هي عبارة عن كرة. ويمكن التوصل إلى سرعة دوران منتظمة بتركيب مفصلين.

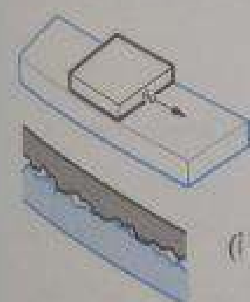
٢ - ٦ - ٢ المحامل (الكراسي)

تحتاج أجزاء المكنات الدوارة والمهتزة Vibrating من محاور محلات وأعمدة إلى محامل. ويفرق هنا بين نوعين من المحامل هي المحامل الانزلاقية ذات احتكاك الانزلاق، والمحامل المتدحرجة ذات احتكاك التدحرج.

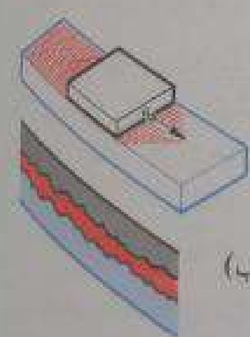
الاحتكاك: عندما ينزلق جسمان فوق بعضهما، تتسبب الحركة في حدوث مقاومة هي قوة الاحتكاك. وتتوقف هذه على نوع المواد وحالة انجاز الأسطح والقوة التي تضغط الجسمين على بعضهما. وتقلل مواد التزليق Lubrication - الموجودة بين الأسطح المنزلقة - من قوة الاحتكاك، ويمكن التمييز بين:

- الاحتكاك الجاف (٣٤ - ٣ أ)،
- الاحتكاك المائع (٣٤ - ٣ ب)،
- الاحتكاك نصف الجاف أو الاحتكاك المختلط (٣٤ - ٣ ج).

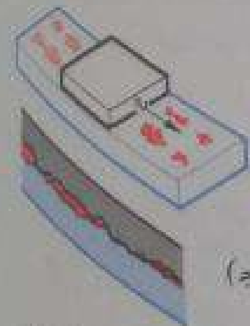
المحامل (الكراسي) الانزلاقية (شكل ٣٤ - ٤) يتميز المحمل الانزلاقي بأنه مناسب للتحميل الصدمي، وفيه يتوزع الضغط على مساحة كبيرة، بيد أن من عيوب هذا المحمل ارتفاع المقاومة عند بدء الحركة، إذ تكون ظروف الاحتكاك فيه غير مناسبة، ويحتاج هذا النوع من المحامل إلى تزليق منتظم.



أ)



ب)



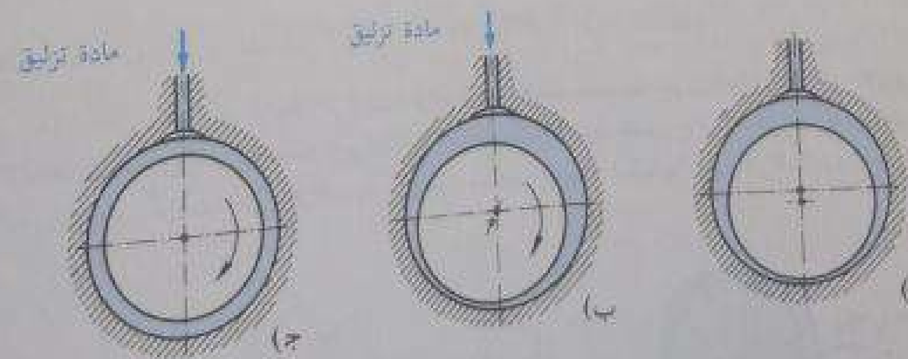
ج)

٣٤ - ٣

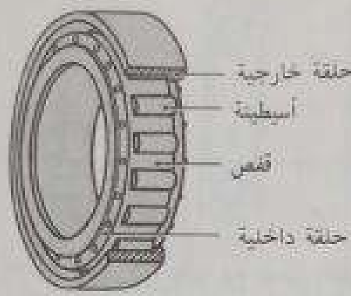
أ) احتكاك جاف. في الحركة الانزلاقية لقطعة شغل على أخرى تمسك المواضع غير المستوية في بعضها، ويحدث هذا حتى في أدق أنواع التشغيل أيضا. ويمكن التحقق من ذلك تحت المجهر (الميكروسكوب). ويؤدي بروز المادة إلى اقتلاعها فتبلى المادة. وينتج عن احتكاك السطوح بسرعات عالية أن تسخن السطوح العلوية لدرجة تؤدي إلى التحامها ويقال أنها لصنت (زرجنت).

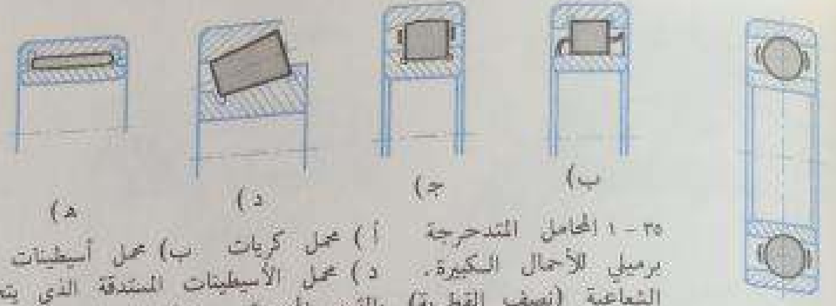
ب) احتكاك مائع. تقوم طبقة الزيت - المتصلة والموجودة بين قطعتي الشغل - بإعاقة مباشرة لحدوث تلامس معدني. ويلتصق الزيت بشدة على قطع الشغل بحيث أنه ينشأ احتكاك داخل طبقة الزيت فقط عند الحركة، وفي هذا النوع من الاحتكاك المعروف بالاحتكاك المائع Fluid Friction لا يحدث بلى، وتكون قوى الاحتكاك ضئيلة جدا.

ج) احتكاك نصف جاف (احتكاك مختلط) يمكن لطبقة الزيت أن تفقد اتصالها وتتقطع، وبالتالي تنشأ حالات جزئية من احتكاك جاف واحتكاك مائع، وهي المعروفة بالاحتكاك نصف الجاف أو بالاحتكاك المختلط تبعا لنوع التحميل وشكل سطوح التلامس وسرعة انزلاقها وكمية الزيت المدخلة إليها. ويؤدي هذا النوع من الاحتكاك إلى حدوث بلى وزيادة قوة الاحتكاك.



٣٤ - ٤ الاحتكاك في المحامل الانزلاقية (الخلوص مبالغ في تمثيله)
أ) يستقر مرتكز العمود الساكن عند أسفل بطانة (قميص) المحمل Bearing Shell، وعندما يبدأ العمود في الدوران يحتاج إلى فترة زمنية معينة يكون الاحتكاك فيها نصف جاف إلى أن تتكون طبقة الزيت.
ب)، ج) وباستمرار الدوران يرتفع الزيت نتيجة لحركة العمود الدورانية ويرفع هذا الزيت العمود إلى أعلى، فلا يحدث تلامس مباشر بين بطانة المحمل والعمود وإنما ينشأ احتكاك مائع.





٣٥ - ١ المحامل المتدحرجة أ) محمل كريات ب) محمل أسطينات ج) محمل برميلي للأحمال الكبيرة. د) محمل الأسطينات المستدقة الذي يتحمل القوى الشعاعية (نصف القطرية) والقوى المحورية. ﻫ) محمل ابري. وهو يشغل مكانا صغيرا، كما يمكن ضبط الخلوص فيه.

الاحتكاك في المحامل الانزلاقية. ينشأ احتكاك في المحامل الانزلاقية بالرغم من التزليق الجيد. فعند بداية الحركة الدورانية دون أن يكون التزليق كافيا، يحدث احتكاك مختلط يؤدي إلى ظواهر بلى في المحامل، ومن ثم يجب إضافة زيت عند موضع الارتكاز بأسرع ما يمكن عند بدء الحركة الدورانية، ويتسبب التزليق غير الكافي في توليد حرارة في فترة زمنية قصيرة، مما يؤدي إلى إتلاف المحمل.

معادن تصنيع المحامل: يجب أن تتسم هذه المعادن بصفات انزلاقية جيدة وبمقدرة كافية على تسريب الحرارة كما يجب أن تكون مقاومة للضغط، وتكون في ذات الوقت لينة إلى حد تسمح فيه للأجزاء البالية (المتآكلة abraded) من المحمل بالانغماس في سطحها العلوي. ويمكن التمييز بين نوعين من المحامل: محامل أحادية الطبقة (مصنعة من معدن واحد) ومحامل متعددة الطبقات (مصنعة من مجموعة معادن).

المحامل أحادية الطبقة: وتتكون من معدن واحد فقط. ونوضح فيما يلي أهم المعادن المستخدمة في صنع المحامل:

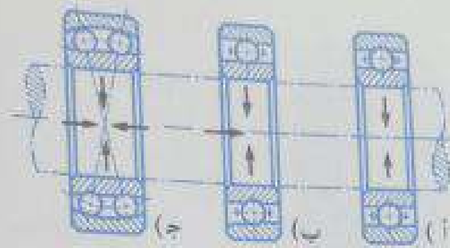
إسم المعدن	الرمز	النسب المئوية للتركيب %
سبيكة النحاس الأحمر (برونز المدافع)	G-CuSn 10 Zn	Cu 85% و Zn 4% و Sn 10% وحتى Pb 1,5%
مصبوب البرونز الرصاصي	G-CuPb 25	Pb 25% والباقي Cu
مصبوب البرونز الرصاصي والقصدير	G-CuPb 15 Sn	Pb 15% و Sn 7% والباقي Cu
سبيكة المعدن الأبيض	GL-PbSn 10	Cu 1% و Sn 10% وحوالي Pb 70% و Sb 16%
معدن ملبد		حديد مع مسحوق غرافيت ومسحوق برونز ملبد تلبيدا مساميا ومشبع بالزيت، ذاتي التزليق.

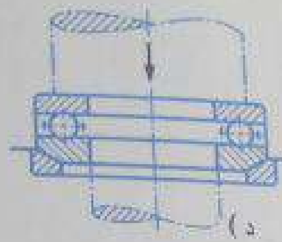
المحامل متعددة الطبقات: وتتركب من قشرة فولاذية رقيقة حاملة لطبقات متعددة من معادن مختلفة للمحمل، وغالبا ما توجد على القشرة الحاملة سبيكة نحاسية تشترك مع القشرة الفولاذية في تحمل الضغط وتبديد الحرارة، وتكون الطبقة السطحية المواجهة للدوران (طبقة الاحتكاك) رقيقة جدا وتتكون من معدن طري ذي صفات انزلاقية جيدة، مثل سبيكة المعدن الأبيض. وتستعمل حاليا اللدائن (البلاستيك والمواد الاصطناعية) لصنع الطبقة المواجهة للدوران. ومن الأنواع المعروفة محمل - DU، الذي يستخدم لدائن التفلون، وهو لا يحتاج إلى تزليق، ومحمل - DX المزجج، والذي يزود بمادة التزليق عند التركيب.

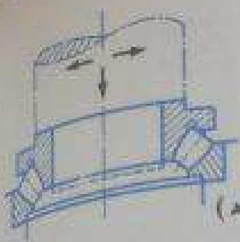
تركيب وانجاز المحامل الانزلاقية: تنجز جميع المحامل الانزلاقية المستخدمة في صناعة المركبات الحديثة بالتجويف الدقيق المقاس النهائي، ويتم تركيبها دون تشغيل لاحق. ومن المهم أن تعد مجاري الزيت لتكون في اتجاه الدوران. ويتم تركيب قشور المحامل المجزأة بإجهاد مسبق Preloading.

تصميم المحامل المتدحرجة: تتركب المحامل المتدحرجة من حلقتين دوارتين تحصران بينهما أجساما متدحرجة، ويقوم قفص مصنوع من صفائح الفولاذ أو النحاس الأصفر أو البلاستيك بحفظ هذه الأجسام على مسافات منتظمة عن بعضها (شكل ٣٤ - ١)، وتتلامس الحلقات الدوارة والأجسام المتدحرجة إما نقطيا كما في محامل الكريات أو بشكل خطي كما في محامل الأسطينات. وبذلك يمكن تحاشي احتكاك الانزلاق إلى حد كبير، أي أن قيم الاحتكاك الناتج تكون صغيرة، وعلى الرغم من ذلك تتولد قوى ضغط شديدة على الأسطح، ولذا يستخدم الفولاذ الكرومي المصلد لصنع الحلقات الدوارة والأجسام المتدحرجة. ويتم صنع أشكال مختلفة من المحامل المتدحرجة، وهذه تختلف فيما بينها من حيث:

- شكل الأجسام المتدحرجة (شكل ٣٤ - ١): تصلح الكريات للأحمال المنخفضة، بينما تكون الأسطينات (الدلافين) أكثر صلاحية للأحمال العالية.
- عدد صفوف الأجسام المتدحرجة: تشتمل المحامل البسيطة على صف واحد، بينما تشتمل المحامل المزدوجة والثلاثية على عدة صفوف من الأجسام المتدحرجة.
- اتجاه نقل القوة: تستعمل المحامل الحلقية للقوى العمودية على المحور (محامل مستعرضة). كما تستعمل المحامل ذات الأقراص للقوى المؤثرة في اتجاه المحور (محامل محورية أو طولية). أما المحامل ذات الكتف فتتحمل أساسا القوى العمودية وفيها معتدلة من القوى المحورية (الطولية) (شكل ٣٦ - ١).







٣٦ - ١ يحدد اتجاه القوة نوع تصميم المحمل.
أ) محمل كريات مرتبة على شكل حلقي يصلح للقوى العمودية (المستعرضة) بالنسبة للمحور.
ب) محمل كريات ذو كتف يستعمل للقوى العمودية ولقيم معتدلة من القوى المحورية (الطولية) في اتجاه واحد.
جـ) محمل كريات متأرجح صالح للقوى العمودية ولقيم معتدلة من القوى المحورية في كلا الاتجاهين، ذاتي الانضباط.
د) محمل كريات ذو أقراص يصلح للقوى المحورية (محمل ضغط).
هـ) محمل (أسطينات مستدقة) برميلي ذو أقراص يستعمل للقوى المحورية والعمودية، ذاتي الانضباط.

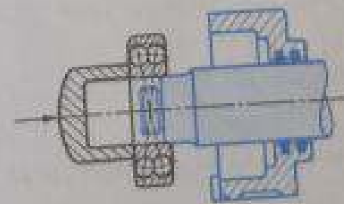
تركيب المحامل المتدحرجة: يجب إبقاء المحامل في تغليفها الحافظ إلى أن يشرع في تركيبها. ولا ينظف المحمل المشحم بالغازلين إلا عند أسطح الازواج. ويجب مراعاة النظافة الشديدة عند التركيب، فتنظف أدوات التركيب اللازمة مسبقا. وعند القيام بإصلاحات يجب ضبط أسطح الارتكاز على العمود وفي المبيت. كما ينصح بتسخين المحمل وكذلك المبيت قبل التركيب. ويؤدي ذلك إلى زيادة سهولة انزلاق المحمل على العمود أو في المبيت. وعند تركيب المحمل أو فكه يجب الانتباه إلى عدم تعرضه لأية صدمات، ومن المفضل استخدام طريقة الكبس للمحامل المتدحرجة حيث تستعمل جلب كبس تحول دون وقوع الضغط على الأسطينات أو الكريات (شكل ٣٦ - ٤). وعقب تركيب المحمل، يجب فحص خلوص الدوران إذ يتعين أن تدور الحلقة الخارجية والأجسام المتدحرجة بسهولة. فإذا دار المحمل بصعوبة كان خلوص الدوران أصغر مما يجب، ويحدث نتيجة ذلك أن يسخن المحمل ويبلى. ومن الأنسب أن تستعمل تجهيزة سحب لإخراج المحمل من العمود.

وتتصف المحامل المتدحرجة بالميزات والعيوب التالية بالمقارنة مع المحامل الانزلاقية:

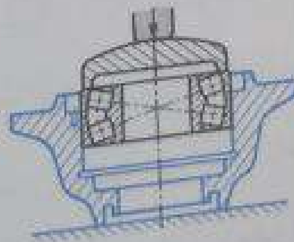
الميزات:	العيوب:
احتكاك قليل.	ضوضاء تشغيل عالية.
تزليق بسيط.	حساسة للاهتزازات.
لا تحتاج إلى زمن تشغيل ابتدائي.	غير قابلة للتجزئة.
سهلة الاستبدال.	المقاسات الكبيرة غالية الثمن.
موحدة توحيدا قياسيا على نطاق واسع.	

أسئلة:

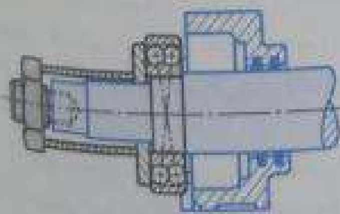
١ - أي المعادن تصلح بصفة خاصة كمواد لصنع المحامل؟
٢ - ما الذي يجب مراعاته عند تركيب المحامل الانزلاقية المجزأة؟
٣ - ماذا يقصد بالمحمل متعدد الطبقات؟
٤ - عدد عيوب المحامل الانزلاقية.
٥ - من أي الأجزاء يتكون المحمل المتدحرج؟
٦ - أذكر أشكال الأجسام المتدحرجة في المحامل.
٧ - ما هي الأسباب التي تدعو إلى اختيار مواد عالية الجودة للمحامل المتدحرجة؟
٨ - صف كيفية تركيب محمل متدحرج.
٩ - قارن بين ميزات وعيوب المحامل المتدحرجة والمحامل الانزلاقية.



٣٦ - ٢ تركيب محمل متدحرج باستخدام عدة دفع (غطاء)، كما يمكن أيضا استعمال سنبك لين ويجب تفادي تزوية (ميلان) Canting المحمل.

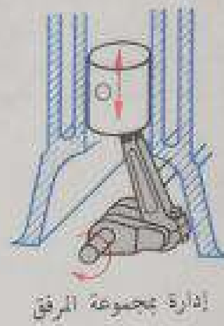


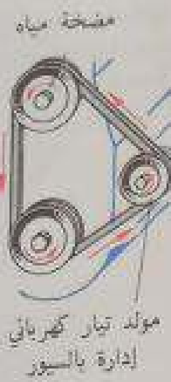
٣٦ - ٣ إيلاج محمل متدحرج في مبيت، تستخدم المكابس للمحامل الكبيرة. يجب التحقق من الوضع الأفقي باستخدام ميزان ماء.

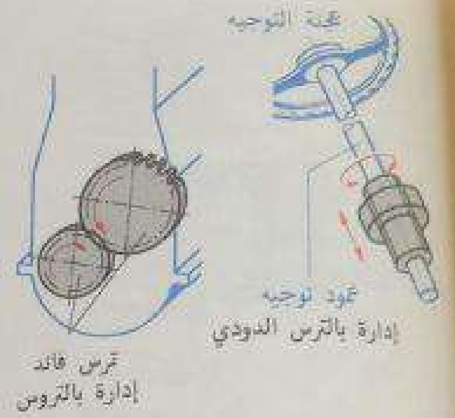


٣٦ - ٤ تركيب محمل كريات متأرجح. تستخدم جلبة ومسمار ملولب مع صمولة (زرجينة)، لتفادي تزاوج الحلقة الخارجية الحرة بواسطة قرص يوضع مسبقا على المحمل.









٣٧ - ١ الأشكال الأساسية لمجموعات الإدارة

٢ - ٧ أنواع الإدارة

تقوم مجموعات الإدارة بنقل الحركة والقوى. والأشكال الأساسية للإدارة التي توجد في المركبات الآلية وفي مكنات الورش هي: الإدارة بالسيور والإدارة بالتروس والإدارة بالمرافق وأخيرا الإدارة بالحدبات (شكل ٣٧ - ١).

٢ - ٧ - ١ الإدارة بالسيور

تتكون مجموعات الإدارة بالسيور من بكرة قائدة وبكرة مقودة وسير الإدارة.

المميزات: نقل مرن للقوة وعدم انتقال الاهتزازات وإمكان تباعد الأعمدة.

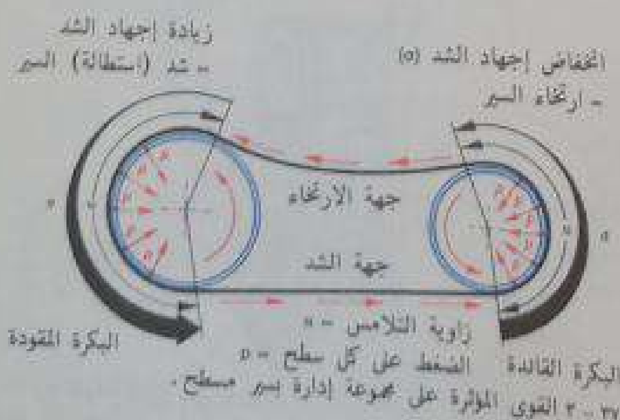
العيوب: فقد في الطاقة والحركة المنقولين نتيجة للانزلاق. وهناك أنواع وطرازات متباينة من سيور الإدارة.

السيور المسطحة: تصنع السيور في التصميمات الحديثة من مادة مؤلفة من طبقات لدائنية اصطناعية وطبقات من الجلد ملصقة مع بعضها البعض، ويكون نقل قوى الإدارة بطريقة أفضل كلما زادت زاوية التلامس بين السير والبكرة وكلما ازداد ضغط التلامس بين سطحيهما. ويمكن توفير هذه الظروف بالاختيار المناسب لاتجاه الدوران وباستخدام تجهيزات إضافية مثل بكرات شد أو أذرع موازنة ذات ثقل لشد السير (شكل ٣٧ - ٢).

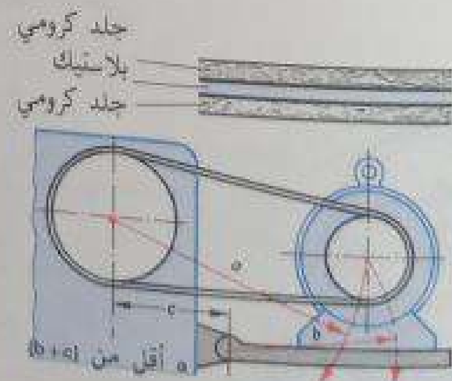
وينشأ انزلاق السير عندما يتزحزح السير على البكرة ذهابا وإيابا حيث ينكمش السير أو يستطيل (شكل ٣٧ - ٢). ويتسبب الانزلاق في إحداث احتكاك بين السير والبكرة، ولخفض هذا الاحتكاك إلى أدنى حد ممكن يجب أن تكون البكرة ذات سطح علوي أملس، كما لا يجوز أن يلصق السير بشمع سيور.

مجال الاستعمال: إدارة مكنات التشغيل.

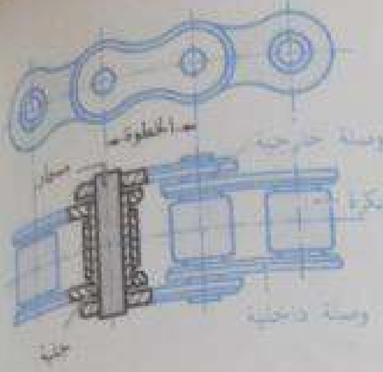
السيور حرف ٧: وتتميز بأن انزلاقها أقل منه في السيور المسطحة ومن ثم فإن لها كفاية أعلى تبلغ (99%). وتستخدم لنقل الحركة بين الأعمدة المتقاربة، إذ لا تلعب زاوية التلامس دورا هاما في نقل القوة. ويؤدي التأثير الإسفيني للسير على البكرة، إلى مقدرة جيدة على نقل القوة (شكل ٣٨ - ١). وعندما يلزم نقل قوى كبيرة يستعمل عدد أكبر من السيور التي تركب جنبا إلى جنب. ويجب أن تكون



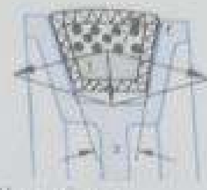
٣٧ - ٢ القوى المؤثرة على مجموعة إدارة بسير مسطح.



٣٧ - ٢ ذراع موازنة ذو ثقل متأرجح لشد السير.



٣٨ - ٢ تتكون السلسلة الدلفينية Roller Chain من أعضاء خارجية وداخلية، ومكوناتها هي: شرائح الوصل والجلب والدلافين والمسامير. وتثبت شرائح الوصل الخارجية بالمسامير والداخلية بالجلب. وتكون المسامير والجلب مفاصل السلسلة، وتمكن الدلافين المتحركة على الجلب من سهولة دوران السلسلة على عجلاتها دخولا وخروجا.



١ - نسيج مطاطي
٢ - خيوط مجدولة
٣ - مطاط لين
تكون الزاوية α لبكرات السير طبقا للمواصفات القياسية DIN 2217 إما °32 أو °34 أو °36.
٣٨ - ١ القوى المؤثرة على السير حرف V
α - زاوية الإسفين (V) للمجرى

البكرات محاذية لبعضها البعض بكل دقة. كما لا يجوز أن يضغط السير على الحواف الحادة لبكرة السير بعنف لأن ذلك قد يؤدي إلى قطعه.

الاستعمال: تستعمل في إدارة مضخات المياه والمولدات ومراوح التبريد وضواغط الهواء Compressors.

السلاسل: تصلح السلاسل لنقل القوة دون انزلاق عندما يكون البعد بين الأعمدة كبيرا، وتتخذ بكرات الإدارة شكل عجلات مشابهة للتروس وتسمى بالعجلات المسننة للسلاسل.

ومن التصميمات العديدة لسلاسل نقل القدرة، تستعمل السلاسل الدلفينية بصفة أساسية في صناعة المركبات الآلية (شكل ٣٨-٢). وهي تستعمل إما مفردة أو مزدوجة، وتعمل تجهيزة شد على معادلة الاستطالة الناشئة في السلسلة عند التشغيل، وتقوم قضبان انزلاق بخمد الاهتزازات الناجمة عن السرعات العالية للسلسلة. وينتمي السير المسنن (شكل ٣٨ - ٣) من حيث مادة تصنيعه إلى مجموعة الإدارة بالسيور ومن حيث نوع نقل القوى، إلى السلاسل. وهو لا يحتاج إلى تجهيزة شد أو تزليق.

مجال الاستعمال: تستعمل لإدارة عمود الحدبات.

٢ - ٧ - ٢ الإدارة بالتروس

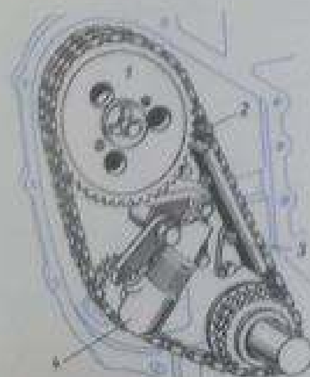
تقوم التروس بنقل الحركات الدورانية وقوى الإدارة دون انزلاق (تفويت) بين أعمدة ذات تباعد قليل. وحيث أن أسنان التروس تنزلق على بعضها عند التشغيل، ونظرا لحدوث احتكاك وبلى بها، لذا يجب تزليق مجموعات الإدارة بالتروس.

الإدارة بالتروس الأسطوانية العدلة (الجبهية) والمخروطية، وهي تروس إدارة تدحرج. ويغلب فيها التسنين الانفوليوتي. ويميز بين التسنين العدل (المستقيم) والمائل والمقوس. وعيب التسنين العدل هو أن الأسنان تحمل بطريقة صدمية (شكل ٣٩ - ٢)، ويؤدي ذلك إلى حدوث اهتزازات وضوضاء، ويكون تداخل الأسنان ببعضها البعض صعبا عند بدء الدوران، إلى أن تصبح السرعة المحيطية للتروس متساوية.

وفي الأسنان المائلة والمقوسة تتعشق عدة أسنان مع بعضها في نفس الوقت، مما يجعل تأثير القوة يتم بطريقة متزايدة (شكل ٣٩ - ٢ب). وعيب هذا التسنين هو إحداث تحميل (دفع) في الاتجاه المحوري، مما يستلزم وجود محمل دفعي Thrust Bearing، مهمته تلقي هذا التحميل.

مواد التصنيع: يستخدم لصناعة تروس نقل القوى الصغيرة حديد الزهر الرمادي ولتروس التحميل العادي فولاذ من نوع St50 إلى St70. أما التروس عالية التحميل فتصنع من الفولاذ المصلد بالتغليف، أو الفولاذ المصلد بالتيارات الحثية. وتستخدم اللدائن الاصطناعية لصنع مجموعات الإدارة قليلة الضوضاء.

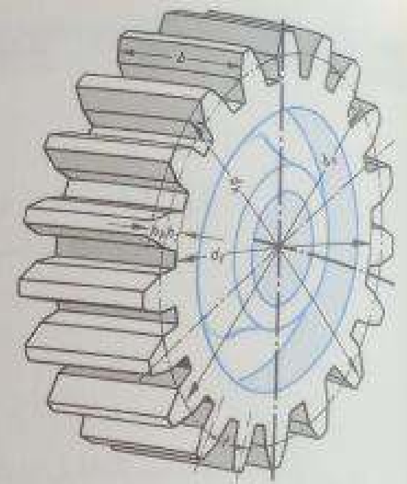
مجالات الاستعمال: تستعمل في تروس التوقيت وتروس الإدارة وتروس إدارة المحور الخلفي.



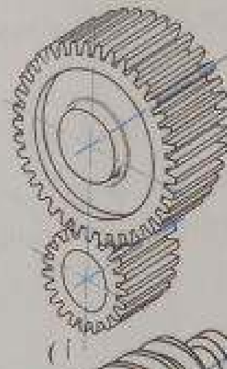
٣٨ - ٤ مجموعة إدارة بالسلاسل الدلفينية ذات:
١ - ترس لعمود الحدبات
٢ - سلسلة دلفينية
٣ - حلقة انزلاق
٤ - عجلة شد مع خامد اهتزاز

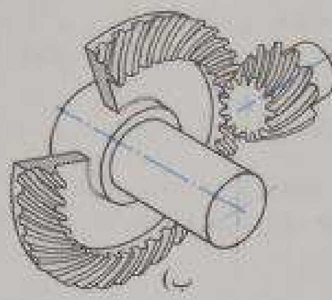


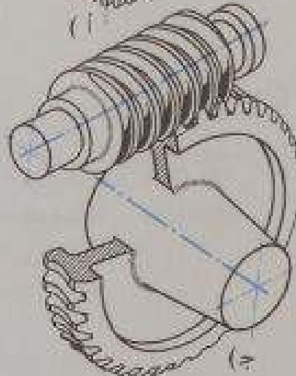
٣٨ - ٣ مجموعة إدارة بسير مسنن

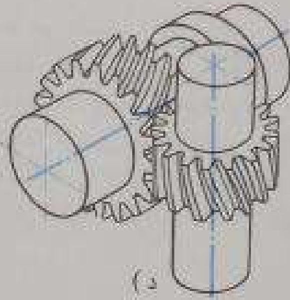


٣٩ - ١ أبعاد الترس. b = عرض السن، d = قطر دائرة الخطوة، d_a = قطر دائرة رأس السن، d_f = قطر دائرة جذر السن، h_a = ارتفاع رأس السن، h_f = ارتفاع جذر السن.









٣٩ - ٢ أنواع مجموعات الإدارة بالتروس

الإدارة بالتروس الدودية Worm wheel والدودة، وبالتروس الحلزونية Spiral وكلتاهما عبارة عن تروس إدارة لولبية. وتصلح تعشيقة الإدارة الدودية (شكل ٣٩ - ٢ جـ) لنسب نقل الحركة العالية. ويقوم محمل دفعي باستيعاب ضغط الدفع المحوري الناتج. ولما كانت قيمة الاحتكاك في هذا النوع من تعاشيق الإدارة بالتروس عالية جدا، لزم استخدام مادة ذات صفات إزلاق جيدة.

ومن المناسب صنع الدودة من الفولاذ المصلَّد والترس الدودي من البرونز.

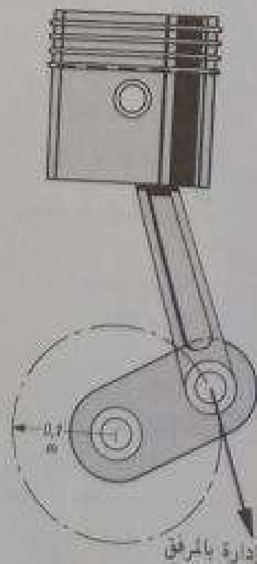
مجال الاستعمال: تستعمل في تروس إدارة المحور الخلفي للشاحنات.

الإدارة بالمسننات الحلزونية: لا يصلح هذا النوع من التروس لنقل القوى الكبيرة، إذ يبلغ الحد الأقصى لنسبة نقل الحركة فيه (1:5) (شكل ٣٩ - ٢د).

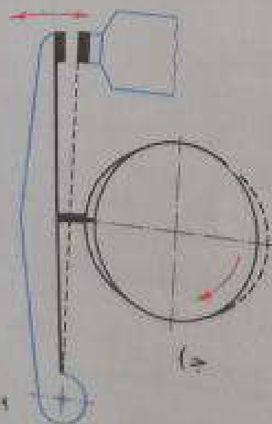
مجال الاستعمال: تستعمل في مجموعات إدارة مضخات الزيت والموزع ومقياس السرعة.

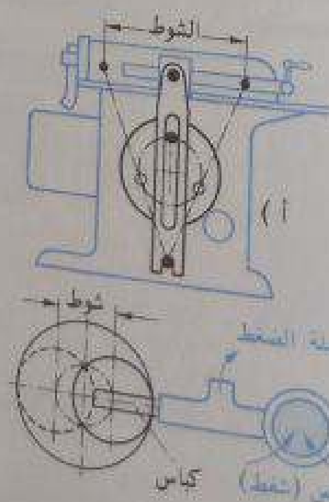
٢ - ٧ - ٣ الإدارة بالمرافق

تقوم مجموعات الإدارة المرفقية بتحويل الحركات الدائرية إلى حركات خطية والعكس. وتسمى النقط النهائية للحركات الخطية بالنقط الميتة. ويعرف مقدار الانتقال بينهما بالشوط (المشوار)، وتستخدم مجموعة الإدارة بالمرفق الدافع في المحركات ذات الكباسات، إلا أن كفاءتها ليست عالية نظرا لحدوث فقد في القوى الجانبية (شكل ٣٩ - ٤).



٣٩ - ٤ إدارة بالمرفق





٣٩ - ٣

أ) مجموعة إدارة مرفقية لمقشطة نطاحة

ب) مجموعة إدارة مختلفة المركز (اكسنتريك) لمضخة وقود

جـ) مجموعة إدارة باستخدام منحنى حدبة لتشغيل قاطع تلامس الاشعال

ومن الأشكال الأخرى لمجموعة الإدارة المرفقية الذراع المترجح (شكل ٣٩ – ٣أ) . ومجموعة الإدارة بالاكسنتيريك (مختلف المركز) (شكل ٣٩ – ٣ب) .

٢ – ٧ – ٤ الإدارة بالحدبات (التحرك على منحنى حدبة)

تنشأ عن التحرك على منحنى حدبة حركة تراوحية (متأرجحة) . تكون في حالات كثيرة حركات تحكُّم وتوجيه .
مجال الاستعمال : تستعمل في مجموعات إدارة مضخات الوقود ، وتشغيل الصمامات ، والملامسات الكهربائية .

أسئلة :

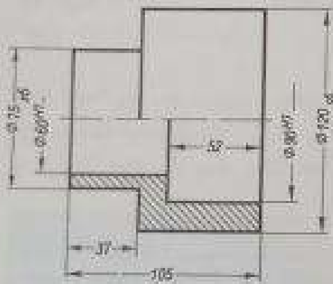
١ – ما هي العوامل التي تتوقف عليها قوة الشد في الإدارة بسير مسطح؟
٢ – لماذا يجب أن يكون السطح العلوى لبكرة السير ناعما؟
٣ – لماذا يحتاج السير حرف ٧ لإجهاد مسبق أقل مما يحتاج إليه السير المسطح؟
٤ – لماذا تستعمل السلاسل في إدارة عمود الحدبات؟
٥ – لماذا يجب تزليق مجموعات الإدارة بالتروس المسننة؟
٦ – أذكر أمثلة لمجموعات الإدارة المرفقية .

٣ - العمل على مكنات التشغيل

٣ - ١ الخراطة

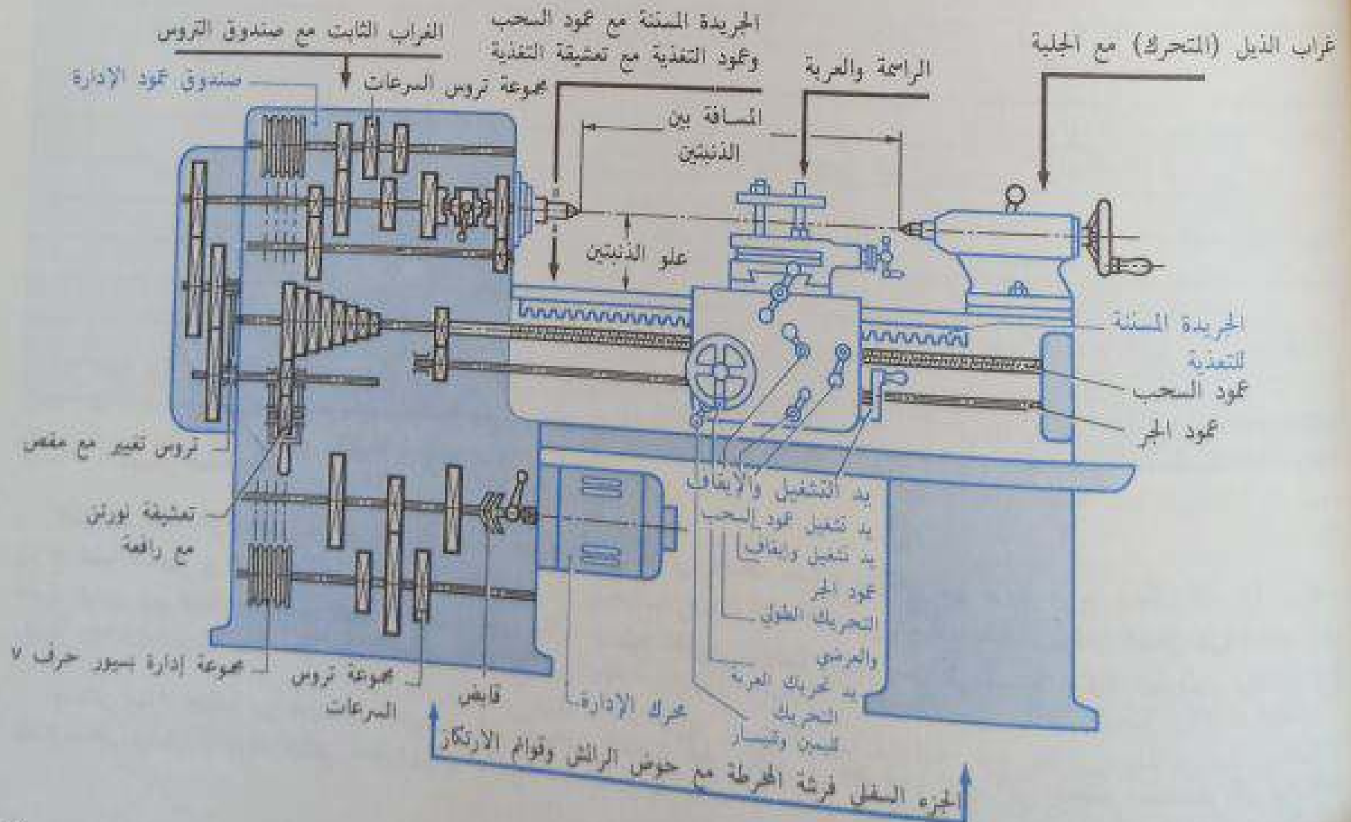
يجب أن تكون مكنات التشغيل المستعملة في ورش إصلاح المركبات الآلية ذات أوجه استخدام متعددة، وينطبق هذا المطلب على مخرطة الذنبة ذات عمود الجر (التغذية) وعمود السحب (العمود المرشد) (شكل ٤١ - ١).

أمر تشغيل: المطلوب تشغيل ناقوس تجهيزة سحب (خلع) من فولاذ مستدير 80 × 130 Ø، St 42، على مخرطة ذنبة طبقاً لخطة العمل الآتية.

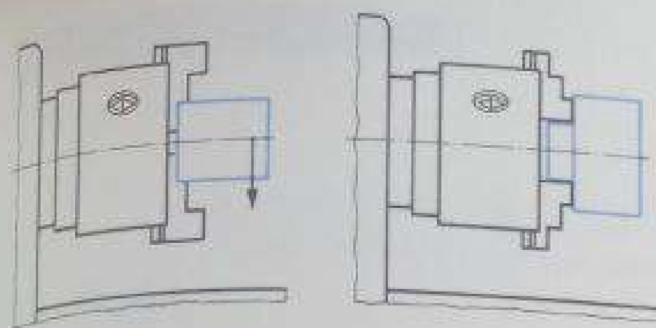


٤١ - ٢ ناقوس تجهيزة سحب (خلع) مصنوع من فولاذ مستدير 80 × 130 Ø، St 42

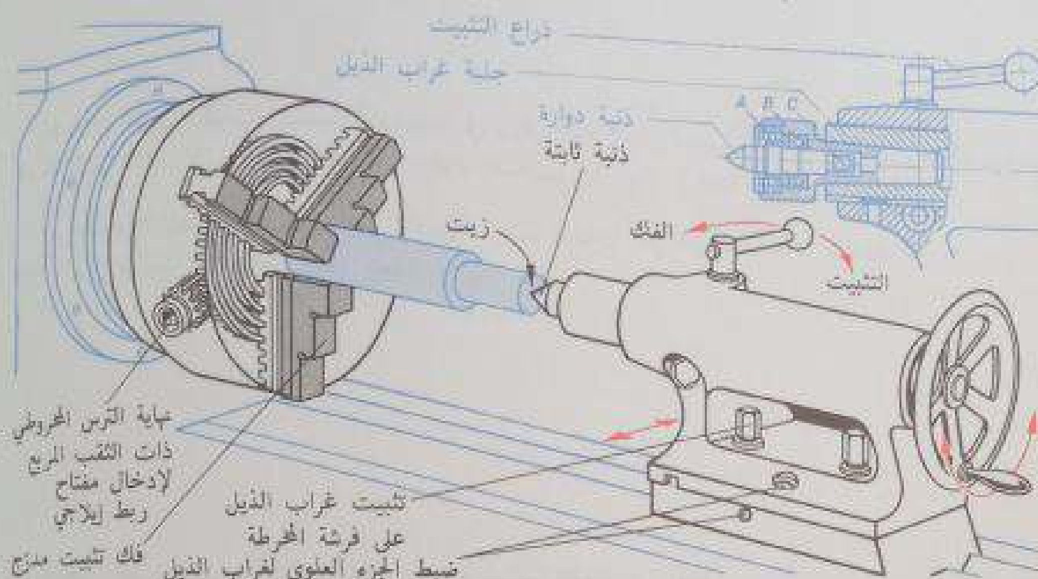
	انحراف المقاس		الحد الأعلى للمقاس	الحد الأدنى للمقاس
$\varnothing\ 90^{H7}$	+ 35	0	90,035	90,000
$\varnothing\ 120_{g6}$	− 12	− 34	119,988	119,966
$\varnothing\ 60^{H7}$	+ 30	0	60,030	60,000
$\varnothing\ 75_{s6}$	+ 78	+ 59	75,078	75,059



٤١ - ١ تركيب مخرطة ذات عمود السحب وعمود الجر



٤٢ - ١ التثبيت في طرف ذي ثلاثة فكوك. ولشكل طرف طاقم من الفكوك الخارجية والداخلية. ويجب عند إبدال الفكوك التي تتحرك بلوالب جبهية جانبية مستوية مراعاة تساوي أبعادها عن المركز، كما يجب تثبيت هذه الفكوك على ألا تكون بالغة البروز خارج الطرف.



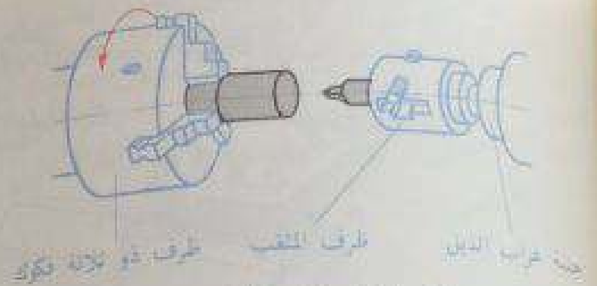
٤٢ - ٢ التثبيت بالطرف والذنبة. يستوعب غراب الذيل (الغراب المتحرك) ذنبة مركز تكون إما ثابتة وإما دوارة. ولتخفيض الاحتكاك الناشئ تزود الذنبة الثابتة في مركزها بزيت تزليق، ومع مرور الزمن ينشأ خلوص في الذنبة الدوارة. ويمكن ضبط الطرف العلوي لغراب الذيل عند خراطة مخروط طويل.

خطة العمل			
تسلسل العمليات	تثبيت قطعة الشغل	تثبيت العدة (أداة القطع)	التشغيل
١	يثبت الخام (المغفل) في الطرف ذي الثلاث فكوك (لقم)		
٢		قلم خراطة جانبية يميني وقلم خراطة جانبية داخلية	
٣			عمل البروز 37×75 Ø (بقطر 75 وطول 37)
٤		يثبت مثقب قطره 25 في غراب الذيل	
٥			
٦	التثبيت على الجزء الأسطواني الصغير 75 Ø		عمل ثقب قطره 25
٧			تجويف القطر 25 إلى قطر 60
٨			تجويف 57×90 Ø (بقطر 90 وطول 52)
٩			إنجاز القطر الخارجي 120
١٠			خراطة طولية بطول 105

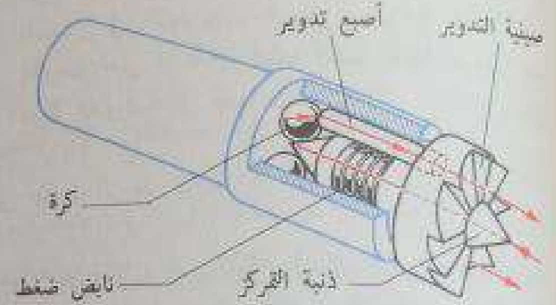
٣ - ١ - ١ تثبيت قطعة الشغل

للتثبيت تفتح فكوك الطرف التي تتحرك بلولب مستو جبهي جانبي بواسطة مفتاح إيلاجي ذي بروز مربع (شكل ٤٢ - ٢)، ويجب إيلاج قطعة الشغل في الطرف بعمق كاف حتى لا تنفك أو ينحرف وضعها أثناء التشغيل. وعند تثبيت قطعة الشغل مرة أخرى على الجزء البارز ذي القطر 75 الذي تمت خراطته، يجب وقاية السطح الخارجي لقطعة الشغل من أثر تثبيتها بفكوك الطرف، ولذلك توضع رقائق من النحاس الأصفر حول قطر التثبيت (شكل ٤٣ - ٢).

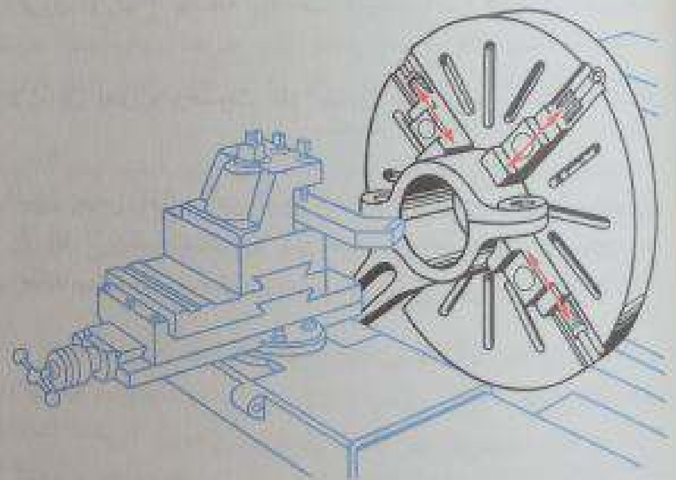
وتتوافر أنواع مختلفة من تجهيزات التثبيت، التي تستخدم لتثبيت قطع الشغل في المخرطة، تلك التي يتحدد استخدام كل نوع منها بحسب حجم وشكل الأجزاء المطلوب خراطتها.



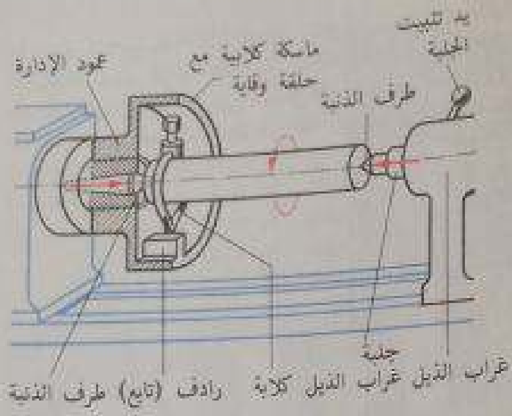
٤٣ - ١ طريقة عمل ثقب التمركز . تثبت قطعة الشغل غير المدنبة في ظرف ثلاثي الفكوك ، ثم يوضع ظرف مجهز بمثقب تمركز داخل جلبة غراب الذيل ، وتعمل تغذية للمثقب بدفع جلبة غراب الذيل بواسطة عجلة تدار باليد .



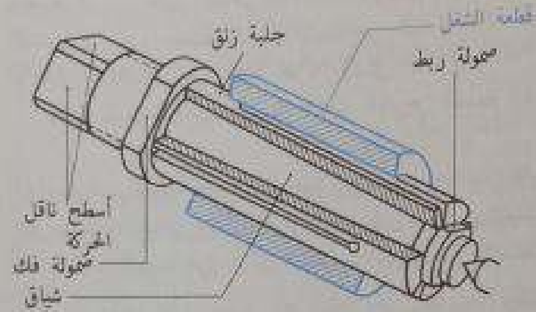
٤٣ - ٣ ذنبة الإدارة ناقلة الحركة - تسمح بخراطة السطح الخارجي لقطعة الشغل على امتداد طولها كله . وتضغط ذنبة التمركز المثبتة في غراب الذيل على قطعة الشغل مقابل ذنبة التمركز الدوارة التي تنقل هذا الضغط عبر نابض الضغط إلى المخروط دافعة إياه بذلك نحو الخلف ، ويؤدي هذا إلى دفع الكرات إلى الخارج ودفع أصابع التدوير إلى الأمام ، فتضغط هذه الأخيرة على صينية التدوير قبالة قطعة الشغل .



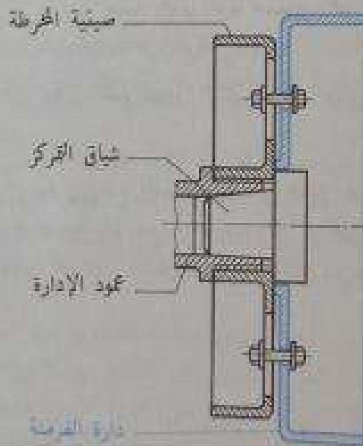
٤٣ - ٥ خراطة محل الطرف الكبير على صينية مخرطة ، وتكون فكوك التثبيت قابلة للضبط كل على حدة أو يمكن إبعادها تماما ، وعند تركيب صينية المخرطة الثقيلة يجب العناية بوجه خاص بعدم الإضرار بلولب عمود الإدارة .



٤٣ - ٢ تثبيت المشغولات الطويلة بين الذنبتين . وتنبع قوة التثبيت من غراب الذيل ، ويمكن وقاية السطح الخارجي لقطعة الشغل بوضع شرائح رقيقة من النحاس الأصفر عند صرة كلابة المخرطة . وتعتبر الماسكة الكلابية خطرة جدا ما لم تزود بحلقة واقية (درع وقاية) .



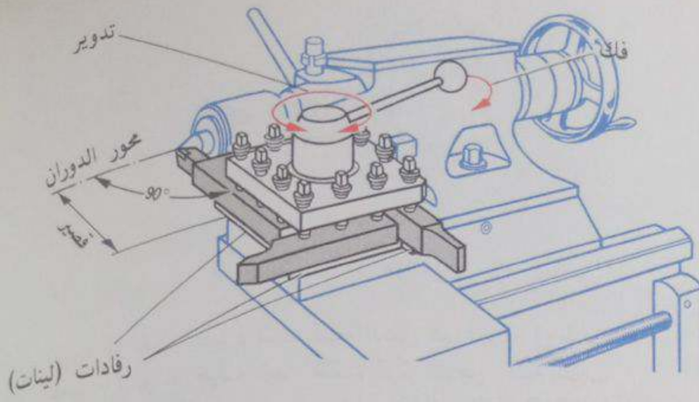
٤٣ - ٤ شياق (Mandrel) الخراطة القابل للضبط . عند دفع صمولة الفك وصمولة الربط في اتجاه السطح ناقل الحركة ، تتحرك جلبة التثبيت على الشياق وتنفرج ، وإذا أردنا فك قطعة الشغل يجب دفع جلبة التثبيت مع صمولة الفك بعد فك صمولة الربط .



٤٣ - ٦ خراطة دارة قرملة على صينية مخرطة ، حيث تبعد فكوك التثبيت جميعها ، وتولج لوالب التثبيت من خلال ثقوب في الصينية وكذا ثقوب المسامير الملولبة في دارة القرملة ، ويسهل شياق تمركز عملية الاستعمال والتثبيت .

الظرف ثلاثي الفكوك (شكل ٤٣ - ١) ، هو أكثر أنواع الأظرف استعمالا ، وتثبت فيه قطع الشغل المستديرة القصيرة أو قطع الشغل ثلاثية أو سداسية الجوانب التي يراد خراطتها من الخارج أو من الداخل بأقطار متباينة (شكل ٤١ - ٢) .

غراب الذيل ، يستعمل غراب الذيل المجهز بذنبة بالإضافة إلى الظرف ثلاثي الفكوك في عملية خراطة المشغولات التي تبرز بطول كبير خارج الظرف (شكل ٤٢ - ٢) .



٤٤ - ١ مربط (ماسك) أقلام خراطة رباعي. يضبط وضع أقلام الخراطة بالاستعانة بذنبة غراب الذيل، ويثبت كل قلم. على حدة بواسطة مسامير ملولبة مربعة الرؤوس، ويمكن تدوير مربط العدة بزاوية قدرها 90° بعد فك الرافعة، لجعل قلم الخراطة المطلوب في وضع التشغيل.

تثبت جميع المشغولات الطويلة وتلك التي يخشى من انفكاكها نتيجة للدوران بين ذنبتين. ويجب أولا تحديد مراكز قطع الشغل. ومن الأسهل أن يتم ذلك على المخرطة نفسها (شكل ٤٣ - ١)، بواسطة مثقب تمركز، ثم توضع الذنبتان في التجويف المخروطي لكل من عمود الإدارة وجلبة غراب الذيل (شكل ٤٣ - ٢)، وتركبان بحيث يكون محورهما موازياً لمحور المخرطة حتى لا تأخذ قطعة الشغل شكلاً مخروطيا بعد التشغيل. وتقوم صينية المخرطة المثبتة على عمود الإدارة، مع كلابة المخرطة بنقل الحركة الدورانية إلى قطعة الشغل (شكل ٤٣ - ٢)، ومن الأفضل استخدام ذنبة ناقلة للحركة (شكل ٤٣ - ٣).

ويتم تثبيت الجلب لتشغيل القطر الخارجي لقطعة الشغل على الشياق وعلى جلب الربط المثبتة بين الذنبتين (شكل ٤٣ - ٤).

تستوعب صينية المخرطة المشغولات المستديرة ذات المقاسات الكبيرة، فتثبت عليها مثلا دارات المكابح (شكل ٤٣ - ٦)، أو الأجزاء غير منتظمة الشكل (شكل ٤٣ - ٥). فيكون كل فك تثبيت في الصينية قابلا للضبط على حدة. ويكاد يكون في الإمكان مواجهة وحل أية مشكلة تثبيت عن طريق الشقوب الطولية مع الاستعانة بمسامير ولقم وزوايا تثبيت.

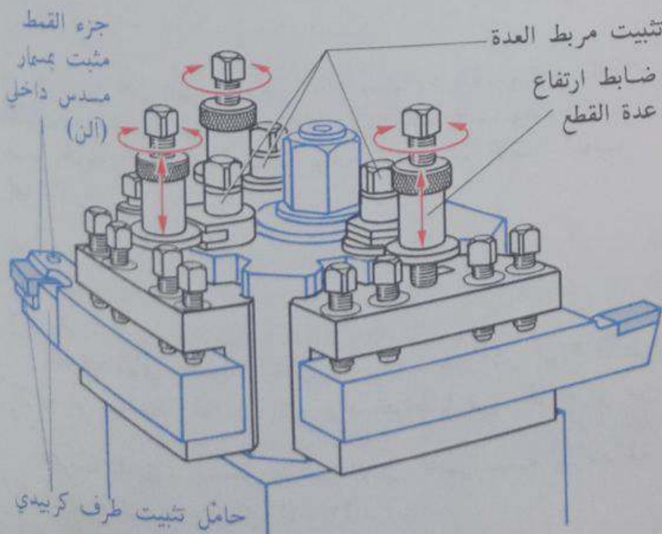
٣ - ١ - ٢ تثبيت قلم الخراطة

يثبت قلم الخراطة في مربط أقلام رباعي (شكل ٤٤ - ١)، وتتبع القواعد التالية عند تثبيت أقلام الخراطة:

يجب أن يضبط وضع القلم عند مستوى محور الدوران، وتسوى فروق الارتفاع بواسطة رافدات (لينات). ويجب أن تكون هذه الشرائح مستوية وخالية من الرائش.

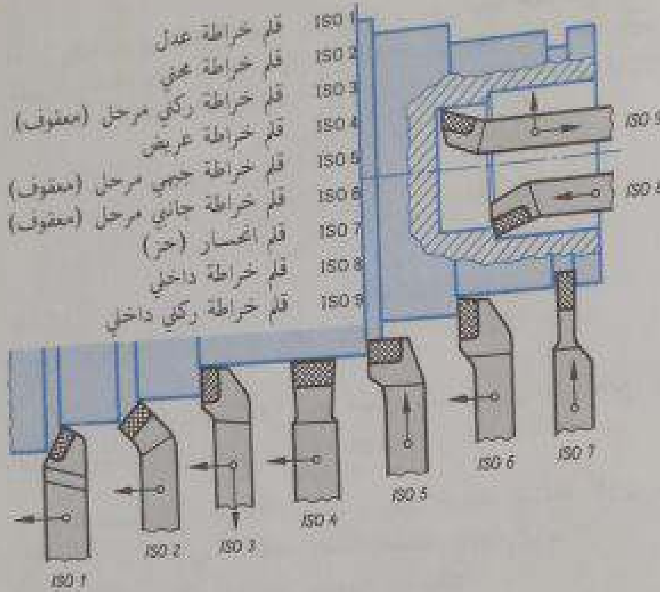
يجب أن يكون القلم قصير التثبيت، إذ يؤدي بروزه أكثر من اللازم إلى إهتزازه وحدوث آثار تشغيل غير مرغوب فيها على أسطح المشغولات.

يجب أن يكون وضع القلم عموديا على محور الخراطة: ففي الوضع المائل ينبض القلم داخل قطعة الشغل (شكل ٤٤ - ١). ويستعمل في بعض المخارط مربط قلم مفرد عوضا عن مربط الأقلام الرباعي، إلا إنه لا يمكن تثبيت إلا قلم خراطة واحد فقط. ويسمح مربط التثبيت القابل للتبديل (شكل ٤٤ - ٢) بإنتاج سريع عند إنجاز جزئين متشابهين، طالما تحتم استخدام عدد أكثر من أقلام الخراطة.



٤٤ - ٢ حامل أقلام خراطة سريع التبديل. ويمكن تجهيزه بعدد اختياري من أدوات القطع المختلفة (قلم خراطة ومثقب ومسحل ثقوب وذكر لولبة). ويمكن تثبيت كل أداة قطع بدقة دون استخدام رافدات. كما يمكن إعادة تجليخ أداة القطع وهي مثبتة في حاملها.

٤٥ – ١ أقلام الخراطة الموصفة قياسيا في أوضاع التشغيل. وتنسب تسمية يمين (R) أو يسار (L) لقلم الخراطة بحسب موضع حد القطع الرئيسي، وهذا يتضح عندما يُمسك قلم الخراطة في اليد ويوجه حد القطع تجاه الصدر، وعلى ذلك يكون قلم ISO 1 قلم خراطة يمين. والمطلوب منك تسمية الأقلام الأخرى.



ويلزم لتشغيل التجاويف أن يبدأ الثقب أولا بمثقب حلزوني يولج في المخروط الداخلي لجلبة غراب الذيل. ويجب عندئذ مراعاة نظافة الأسطح المخروطية الداخلية.

وتثبت المثاقب الأصغر مقاسا في ظرف مثقب يولج ساقه في المخروط الداخلي لجلبة غراب الذيل.

أشكال أقلام الخراطة: هناك العديد من أشكال أقلام الخراطة، طبقا لامكانيات التشغيل المختلفة على المخرطة. وكل هذه الأشكال موصفة طبقاً للمواصفات القياسية من DIN 4951 إلى DIN 4965، وأيضا من DIN 4971 إلى DIN 4981، وكذلك أيضا طبقا للمواصفات القياسية الدولية من ISO 1 إلى ISO 9.

ونفرق بين الأشكال الرئيسية التالية لأقلام الخراطة، طبقا لوضع حد القطع: قلم عدل وقلم محني وقلم مرحل وقلم معقوف. وهذه الأقلام مزودة بأشكال حد قطع متنوعة. فهناك أقلام التخشين وأقلام التنعيم.

كما نميز بين قلم خراطة يساري وقلم خراطة يميني، طبقا لوضع حد القطع الرئيسي. وتعمل الأقلام اليسارية من اليسار نحو اليمين بينما تعمل الأقلام اليمينية من اليمين نحو اليسار.

وأخيرا نفرق بين قلم خراطة خارجية وقلم خراطة داخلية، طبقا لوضع القلم بالنسبة لقطعة الشغل. وأهم أقلام الخراطة الخارجية ما يلي:

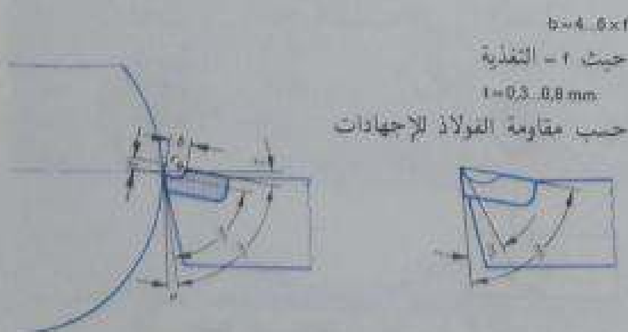
قلم خراطة تخشين وقلم خراطة تنعيم وقلم خراطة طولية وقلم خراطة جبهية وقلم خراطة أركان وقلم خراطة المحسارات.

أما أهم أقلام الخراطة الداخلية فهي: قلم ISO داخلي (قلم تخشين داخلي) وقلم خراطة أركان داخلية وقلم خراطة المحسارات داخلية (قلم ذو زاوية قائمة لخراطة الانحسارات).

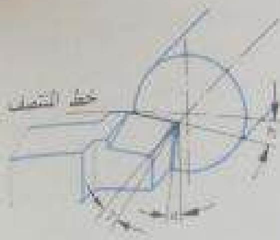
ويطلق على أقلام الخراطة الخارجية والداخلية أيضا إسم أقلام الخراطة الخاصة؛ ومن هذه الأقلام: أقلام خراطة الأقطار الخارجية والداخلية لمختلف الأشكال، وأقلام قطع الحزوز المزودة بحد قطع مائل، وأقلام خراطة الأشكال الخاصة (مثل أشكال المقابض).

ويتضح من الشكل ٤٥ – ١ أن قطعة الشغل تحتوي على تجويف وتدرج قائم الزاوية. كما يبين الشكل الأنواع المختلفة لأقلام الخراطة وأنواع التشغيل المتباينة التي يمكن انجازها بكل قلم من هذه الأقلام.

زوايا أقلام الخراطة: يجب تجليخ قلم الخراطة تجليخا صحيحا، بمعنى أنه يجب تحديد زاوية الخلوص α (Clearance) وزاوية الحد القاطع β (Wedge) وزاوية الجرف γ (Rake) لتناسب المادة المطلوب تشغيلها. وإذا لزم إعادة شحذ القلم، يُستعمل حجر تجليخ من كربيد السليكون للحدود القاطعة المصنوعة من الكربيد، مع وجوب تبريدها أثناء عملية التجليخ. ولا يجوز التجليخ على محيط قرص التجليخ وإلا حدث تجليخا مقعرا بالقلم، الأمر الذي يترتب عليه صغر زاوية الحد القاطع (شكل ٤٥ – ٢)، وبالتالي يثلم حد القطع في وقت مبكر. وتكون عملية التجليخ أنسب ما يكون باستعمال حجر تجليخ قدحي (على شكل فنجان).



٤٥ – ٢ يمكن الحصول على رائش قصير قصيف باستخدام أطراف قطع كربيدية ذات موجه للرائش. ويجب تحاشي تجليخ تقعير (حفرة)، لأن ذلك يؤدي إلى تقليل زاوية الحد القاطع، وبالتالي إلى قصر عمر قلم القطع.



٤٦ - ١ زاوية الجرف الخلفي λ (Back Rake). عندما تكون نهاية حد القطع عند المنتصف وطرفه تحت المنتصف، تكون الزاوية λ سالبة، في هذه الحالة يوجه الراش إلى أسفل. أما عندما تكون نهاية حد القطع تحت المنتصف وطرفه عند المنتصف، فتكون الزاوية λ موجبة، ويكون توجيه الراش في هذه الحالة إلى أعلى.

ويمكن الحصول على نتيجة قطع أفضل عندما يكون حد القطع الرئيسي مائلا بالنسبة للمستوى الأفقي. وتعرف الزاوية الناتجة عن ذلك بزاوية الجرف الخلفي λ (لمدا Lamda) (شكل ٤٦ - ١).

مواد تصنيع قلم الخراطة. تستخدم المواد التالية لصناعة أقلام الخراطة:

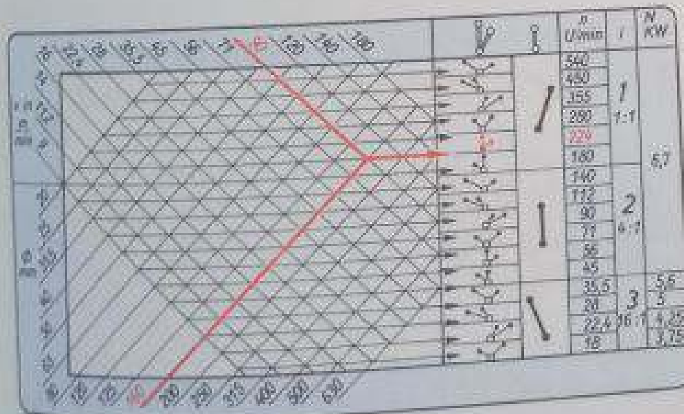
أ) فولاذ سريع القطع "HSS" (High Speed Steel) بأنواعه.

ب) الأطراف الكربيدية Sintered Carbide Tips.

جـ) مواد قاطعة من خزف الأكاسيد.

زوايا قلم الخراطة	أنواع الفولاذ سريع القطع α	β	γ	أطراف كربيدية α	γ	خزف أكاسيد α	γ
أنواع الفولاذ السبائكي	6	76	8	6...8	6	5	5
فولاذ، ومصبوب الفولاذ بمقاومة إجهادات تفوق 700 N/mm²	8	74	8	6	6	5	5
فولاذ، ومصبوب الفولاذ بمقاومة إجهادات من 500 N/mm² إلى 700 N/mm² وحديد الزهر الرمادي	8	68	14	6	6...10	5	0
فولاذ، ومصبوب الفولاذ بمقاومة إجهادات حتى 500 N/mm²	8	62	20	6	6...10	5	0
فولاذ لين وأنواع البرونز اللين، ونحاس أصفر	8	55	27	6	6...15	5	0
سبائك المعادن الخفيفة	10	50	30	6...8	10...30	8	0

٤٦ - ٢ المخطط الشبكي للمكنة. وهو يبين ارتباط سرعة الدوران بسرعة القطع وبقطر قطعة الشغل. ويمكن للقائم بعملية الخراطة معرفة الوضع الذي يجب أن تكون عليه رافعة التغيير، وبالتالي ضبط هذه الرافعة على الوضع المطلوب مباشرة.



٤٦ - ٣ جهاز حساب سرعة الدوران وطريقة استخدامه:

١ - يدار المقبض ذو السقاطة نحو اليمين، عندما يراد تعيين المادة أو ضبط سرعة القطع بمقبض الإدارة (١).

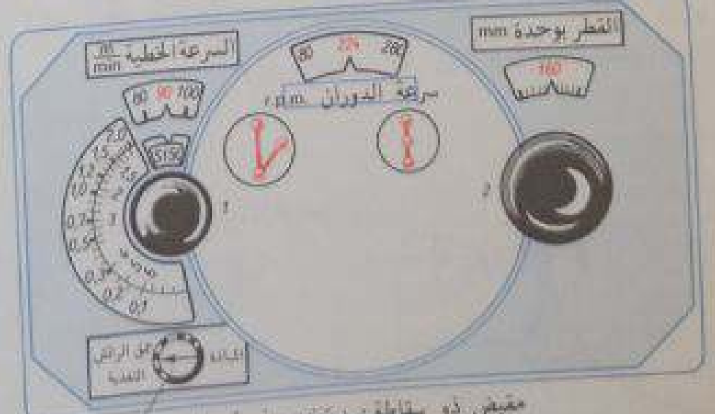
٢ - يدار المقبض ذو السقاطة نحو اليسار، عندما يراد تحديد التغذية وعمق القطع بمقبض الإدارة (١).

٣ - يتم تعيين مقاس القطر بمقبض الإدارة (٢).

٤ - قراءة سرعة الدوران ووضع الرافعة، ومن ثم نقلها على المكنة.

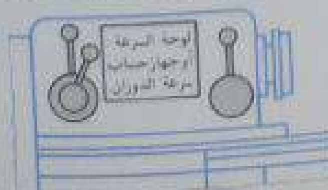
مقبض إدارة: يد ١: المادة وسرعة القطع والتغذية وعمق القطع

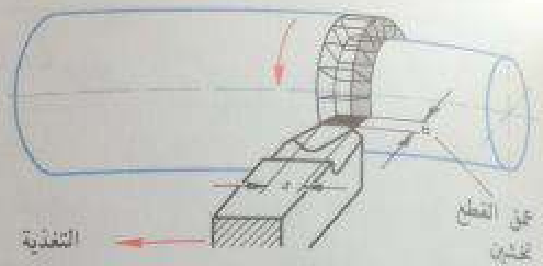
مقبض إدارة: يد ٢: القطر

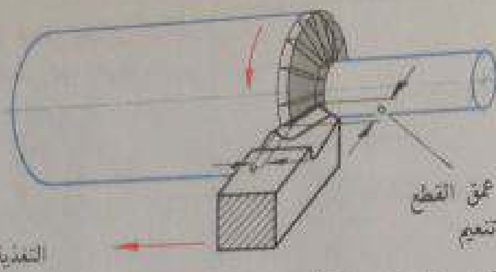


مقبض ذو سقاطة: يستخدم في تحويل مقبض الإدارة (١)

٤٦ - ٤ غراب الرأس (الثابت) مع رافعة تغيير السرعة







٤٦ – ١ مساحة مقطع الرائش (A) = التغذية (f) × عمق القطع (a)
يؤدي كبر مساحة مقطع الرائش إلى إزالة قدر أكبر من الرائش، إلا أنه يُلقي أعباء عالية على المكنة وعلى عدد القطع. ويمكن تغيير التغذية وعمق القطع لنفس مساحة مقطع الرائش حسب الجودة المطلوبة لإنجاز السطح.

٢-١-٣ إزالة (قطع) الرائش

يجب ضبط سرعة الدوران والتغذية وعمق القطع على المكنة لإزالة (قطع) الرائش. ويتوقف تحديد سرعة الدوران على قطر قطعة الشغل وسرعة القطع. ويمكن التوصل إلى ذلك بقراءتها من المخطط الشبكي على المكنة (شكل ٤٦ – ٢)، أو باستعمال جهاز حساب سرعة الدوران والتغذية (شكل ٤٦ – ٣). وتتوقف سرعة القطع على مادة قطعة الشغل، ومادة أداة القطع (القلم) ومقطع الرائش، ويمكن أخذها من جداول أو اختيارها على أساس الخبرة.

وتضبط قيمة التغذية (شكل ٤٧ – ١) بواسطة تعشيقة التغذية، ويمكن ترتيب الإيقاف التلقائي للتشغيل باستعمال مصدات قابلة للضبط على فرش المخرطة.

ويضبط عمق القطع بواسطة الذراع المرفقية لأي من الراسمة المستعرضة أو الراسمة العلوية. ويمكن قراءة عمق الضبط على تدرج حلقات القياس.

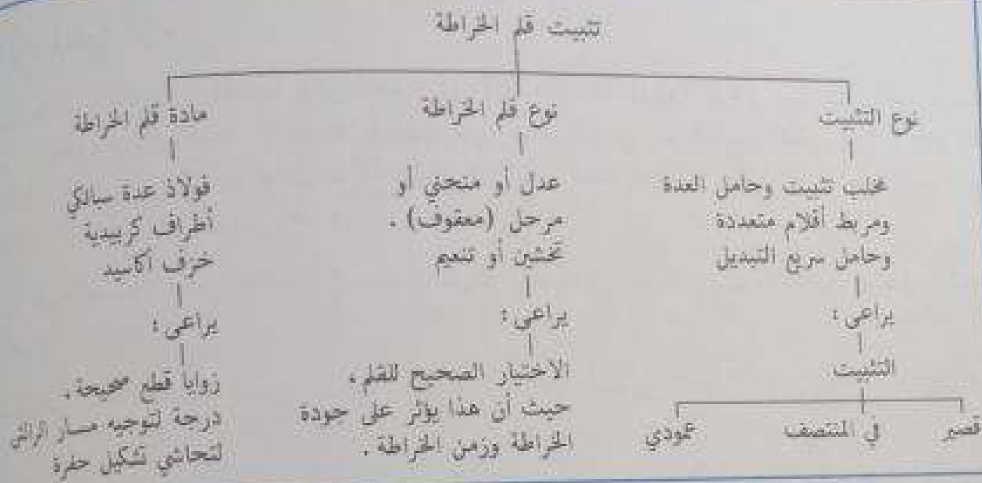
قيم اصطلاحية لسرعة القطع (V) بوحدة (m/min)، عندما تكون التغذية (f) بوحدة mm/rev. = 0,2 وعمق القطع (a) بوحدة mm.

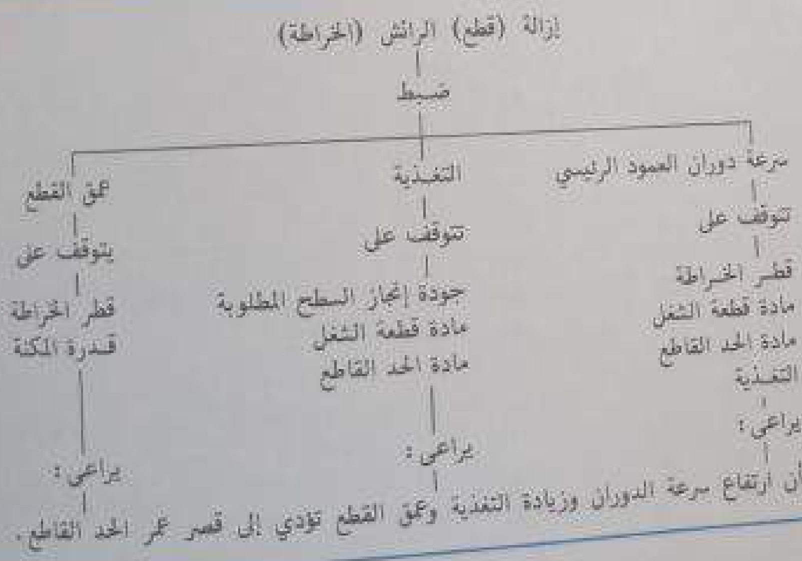
التغذية f بوحدة mm/rev.	فولاذ سريع القطع SS 0,2	0,4	0,8	1,6	حد أداة القطع من أطراف كربيدية 0,2	0,4	0,8	1,6	الأنواع	خزف أكاسيد 0,25
أنواع فولاذ الإنشاءات والفولاذ السبائكي وفولاذ الصب وحديد الزهر الطروق										
حتى فولاذ St 50	60	45	34	25	200	180	150	125	S 2	350
فولاذ St 50	48	36	27	20	180	150	125	106	S 2	350
فولاذ St 60	40	30	22	17	150	125	106	90	S 2	300
فولاذ St 70 وفولاذ سبائكي ذو إجهاد شد σ_t = 850 N/mm²	32	24	18	13	125	100	80	63	S 2	290
فولاذ سبائكي ذو إجهاد شد (σ_t) من 850 N/mm² حتى 1000 N/mm²	24	17	12	8,5	90	71	56	45	S 2	290
فولاذ سبائكي ذو إجهاد شد (σ_t) من 1000 N/mm² حتى 1400 N/mm²	16	11	8	5,6	56	45	38	30	S 2	290
فولاذ صب ذو إجهاد شد (σ_t) حتى 700 N/mm²	34	25	19	14	75	63	53	45	S 2	200
حديد زهر طروق	40	30	22	17	150	125	106	90	H 2	350
حديد الزهر الرمادي										
GG 12 و GG 14 بصلادة حتى 180 HB	48	27	18	14	170	132	111	95	G 1	350
GG 18 و GG 26 بصلادة حتى 250 HB	32	18	13	9,5	125	106	90	75	H 1	350
حديد زهر رمادي سبائكي بصلادة حتى 400 HB	24	15	10	7,1	90	75	60	50	H 1	300
سبائك المعادن الخفيفة										
سبائك ألومنيوم ذات إجهاد شد (σ_t) من 420 N/mm² حتى 580 N/mm²	118	75	50	34	400	335	280	250	G 1	450
سبائك المغنسيوم	1000	900	800	750	2650	2240	1900	1600	G 1	2500
نحاس وسبائك النحاس										
نحاس إلكتروليتي	63	45	34	25	1000	850	750	670	G 1	1500
سبائك النحاس والزنك (نحاس أصفر)	125	85	56	38	1180	1000	900	800	G 1	2000
سبائك النحاس والقصدير (برونز)	63	53	43	36	600	425	355	315	G 1	800

٤٨ - ١ مخطط توضيحي للأعمال التي تجرى على المخرطة.

تشمل أعمال الخراطة على:







أسئلة:

١ – صف طريقة نقل الحركة لإدارة كل من: أ) عمود الإدارة، ب) عمود السحب، ج) حركة التغذية لخراطة التسوية.

٢ – ما الذي يجب الانتباه إليه عند تثبيت قطع الشغل على الطرف ذي الثلاثة فكوك؟

٣ – ما هي وظائف غراب الذيل؟

٤ – كيف يمكن تثبيت قطع الشغل الطويلة والرفيعة على المخرطة؟

٥ – ما هو تأثير الذنب الدوارة التي لا تنطبق خطوط منتصفها (محاورها) مع بعضها البعض؟

٦ – لماذا يجرى تثبيت قطع الشغل غير المنتظمة على صينية المخرطة؟ وضح طريقة نقل الحركة إلى قطعة الشغل في حالة التثبيت هذه؟

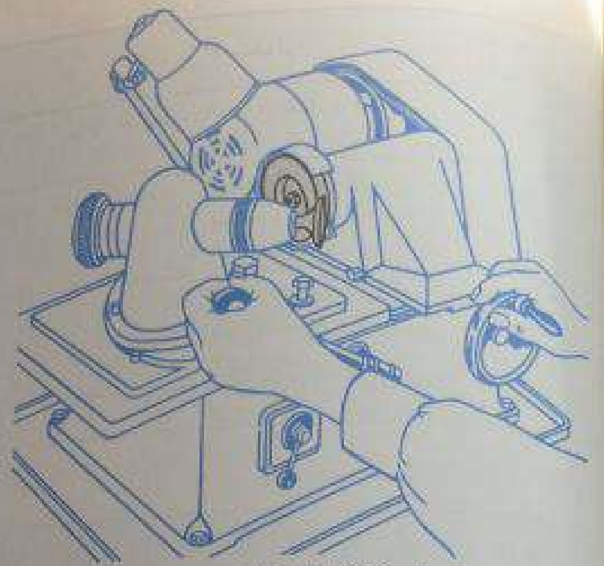
٧ – ما هي الشروط الواجب توافرها في التثبيت الصحيح لقلم الخراطة؟

٨ – من أي المواد تصنع الحدود القاطعة لأقلام الخراطة؟

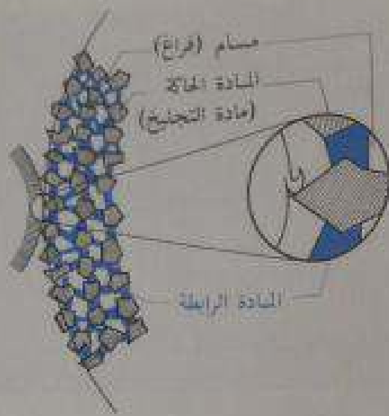
٩ – ما هي الأخطاء الواجب تجنبها عند تجليخ (تحد) أقلام الخراطة؟

١٠ – ما هي فوائد حامل أقلام الخراطة سريع التبديل؟

١١ – أذكر عمليات الضبط الواجب إجراؤها على المخرطة.



٤٩ - ١ مكنة تجليخ صمامات



٤٩ - ٢ تركيب مكبر لحجر تجليخ

٢ - ٢ التجليخ

تعد عملية التجليخ من العمليات التي تتم خلالها إزالة الرائش، وفيها ينتج رائش دقيق يتوهج على هيئة شرر تجليخ بفعل الحرارة الشديدة الناتجة.

٢ - ٢ - ١ أدوات (أحجار) التجليخ

تتركب أحجار التجليخ من مادة تجليخ وهي عبارة عن مادة حاكة ذات حبيبات مختلفة الحجم، ومن مادة رابطة (شكل ٤٩ - ٢). وتتولى مادة التجليخ إزالة الرائش. وتتكون هذه المادة على سبيل المثال من كورندم كهربائي (أكسيد الألومنيوم البلوري) أو من كربيد السليكون. ويتوقف حجم الحبيبات على درجة جودة إنجاز السطح المطلوبة لقطعة الشغل.

مادة التجليخ	كورندم كهربائي (أكسيد الألومنيوم البلوري)	كربيد السليكون
مصنوعة من	بوكسيت (هيدروكسيد الألومنيوم) بالحرق في فرن كهربائي عند درجة حرارة 2000°C	رمل الكوارتز وفحم الكوك مع إضافة الملح
الخواص والصفات	صلد ومقاوم للتكسر. الألوان: بني وأحمر وردي وأبيض	صلد جدا لكنه قصيف، ذو ألوان لامعة.
مجالات الاستخدام	يستخدم للمواد ذات المتانة المرتفعة والفولاذ السبائكي وغير السبائكي.	يستخدم للمواد القصيفة كحديد الزهر الرمادي والكربيد.

حجم حبيبات مادة التجليخ (DIN). ترقم أحجام الحبيبات (الأرقام المبينة بالجدول) طبقا لدرجة نعومة المنخل (عدد الفتحات، بكل بوصة طولية)، الذي تستطيع حبيبة التجليخ أن تمر منه. أما الحبيبات متناهية النعومة فيعمل منها غرين (حمام طيني) وفي هذه الحالة يقابل الرقم زمن الترسيب بالدقائق.

خشن جدا	خشن	متوسط	ناعم	ناعم جدا	عالي النعومة (كالغبار)
8	14	30	70	150	280
10	16	36	80	180	320
12	20	40	90	200	400
	24	46	100	220	500
		50	120	240	600
		60			

تقوم مادة الربط (انظر الجدول الأول بصفحة ٥٠) بالإمساك بالحبيبة في جسم التجليخ إمساكا متينا، وعند تجليخ المواد الصلدة تبلى حبيبة التجليخ بسرعة. ويجب أن يكون في وسع الحبيبة التي تبلى أن تنفصل بسهولة عن مادة الربط بواسطة ضغط التجليخ. وبالتالي لا يجوز للحبيبة أن تكون بالغة الصلادة. وعند تجليخ المواد اللينة تحتفظ الحبيبة بقدرتها على القطع أيضا حتى عندما يكون ضغط القطع عاليا. وتتطلب قوة الضغط الكبيرة تماسكا أكبر لمادة الربط.

والخلاصة هي: تحتاج المواد الصلدة إلى مادة ربط لينة، أما المواد اللينة فتستلزم ربطا صلدا.

نوع الربط	مادة الربط	الرمز	الخواص	الاستخدام	السرعة المحيطية القصوى
خزفي	طفال	Ke	قصيف وغير حساس للحرارة وذو مقاومة عالية.	التجليخ المبلل والجاف	30 m/s
معدني	سليكات مغنيسيت	Si Mg	توليد قليل للحرارة ومقاومة قليلة وقصيف قليلا.	التجليخ الدقيق لحدود القاطعة. يصلح للتجليخ الجاف فقط	20 m/s
نباتي	مطاط راتنج طبيعي	Gu Nh	مرن وحساس للحرارة.	لأقراص التجليخ الرقيقة. لتجليخ المقاطع الجانبية (البروفيلات)	80 m/s
راتنج اصطناعي	باكليت	Ba	مرن وغير حساس للحرارة.	أقراص الفصل	80 m/s

وترقم صلادة مادة الربط بالحروف الأبجدية من E حتى Z (من لين جدا إلى عالي الصلادة)، في ست درجات. وتحدد مادة الربط مدى سرعة القطع لقرص التجليخ، وتكوّن فراغات المسام بنية قرص التجليخ، وتقوم هذه الفراغات باستيعاب الرائش. فيلزم للمواد اللينة ولعمليات التخشين فراغات مسامية كبيرة. وتستخدم للمواد الصلدة ولعمليات التنعيم، أقراص (أحجار) تجليخ ذات فراغات مسامية صغيرة.

صلادة أقراص التجليخ
(حسب مصانع نورتون لمواد التجليخ)

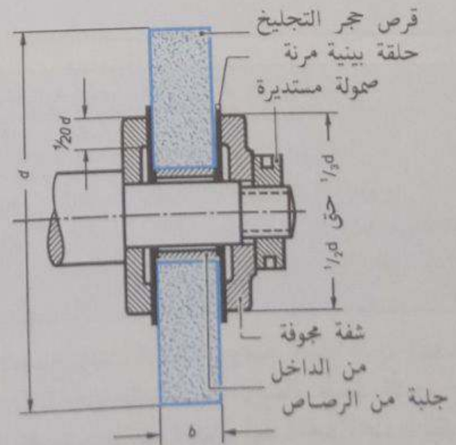
الصلادة	الرمز			
لين جدا		G	F	E
لين	K	J	I	H
متوسط	O	N	M	L
صلد	S	R	Q	P
صلد جدا	W	V	U	T
عالي الصلادة		Z	Y	X

أنواع وسائط التجليخ

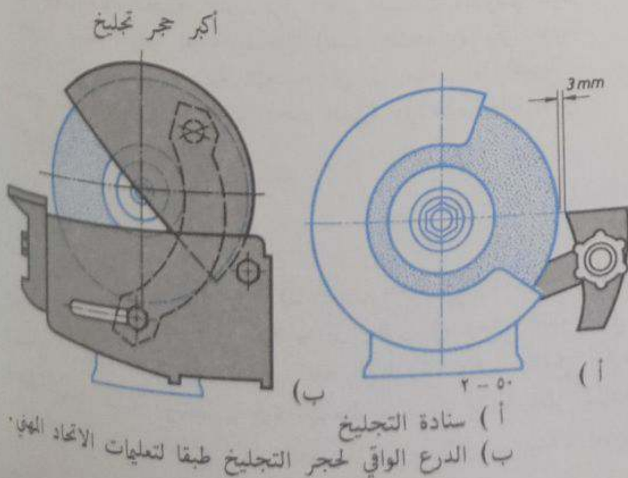
عندما يراد الحصول على جودة عالية لسطح قطعة الشغل، بينما تكون دقة المقاس ذات أهمية ثانوية، يستعمل ورق سنفرة أو في أغلب الأحيان قماش سنفرة، وهي تتوفر في الأسواق بأشكال متباينة لتفي بأغراض الاستعمال. وتحتوي عجائن التجليخ على حبيبات تجليخ سائبة. وتستعمل أقراص التجليخ لتشغيل الأسطح بدرجة دقة أعلى والتزام أكبر بدقة المقاس وكذا لشحذ حدود أدوات القطع.

٣ - ٢ - ٢ تثبيت قرص التجليخ

يجب تثبيت أقراص التجليخ بعناية شديدة حيث إنها تدور بسرعات عالية (شكل ٥٠ - ١). فإن ثبت قرص التجليخ دون عناية خاصة، لأدى ذلك إلى إمكان تطاير أجزاء منه والتسبب في حوادث جسيمة، ويغطى قرص التجليخ المثبت على العمود بدرع واق، ثم يتبع ذلك إدارة الحجر للاختبار بسرعة التشغيل الكاملة ولمدة خمس دقائق على الأقل. ويجب مراقبة تباعد سنادة قطعة الشغل المطلوب تجليخها أثناء عملية التجليخ، وإعادة ضبطها من وقت إلى آخر (شكل ٥٠ - ٢).



٥٠ - ١ قواعد تركيب حجر التجليخ. تبلغ مساحة غطاء الشفة (1/6) سدس المساحة الجانبية لقرص التجليخ على الأقل.



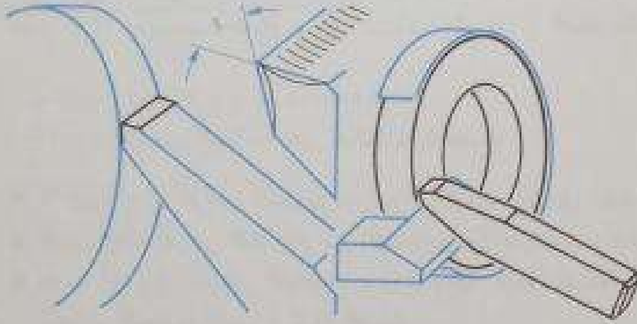
٥٠ - ٢
أ) سنادة التجليخ
ب) الدرع الواقي لحجر التجليخ طبقا لتعليمات الاتحاد المهني.



٥١ – ١ تجليخ لوح معدني باستعمال جهاز تجليخ يدوي حيث يدار قرص التجليخ بواسطة محرك كهربائي مستقل، وذلك عبر عمود إدارة مرن (قابل للحني).



٥١ – ٢ تجليخ إطار معدني بواسطة جهاز تجليخ يدوي يشتمل على محرك كهربائي يدير قرص التجليخ عن طريق مجموعة إدارة زاوية.

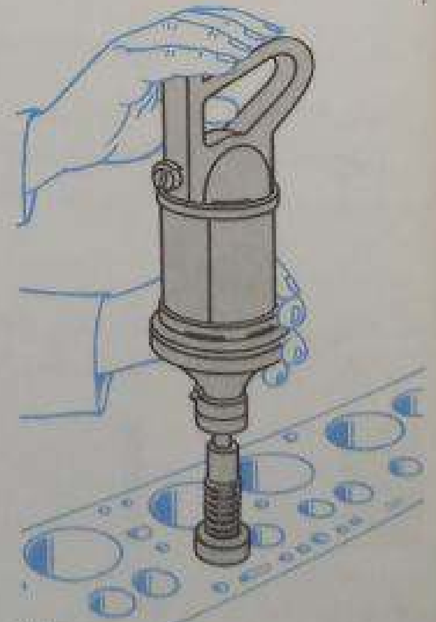


٥١ – ٣ تجليخ أجنة على محيط قرص التجليخ وعلى قرص تجليخ قدحي (بشكل فنجان).

٣ – ٢ – ٣ أشغال (أعمال) التجليخ

تجليخ التسوية أو تجليخ الصقل: تستخدم أجهزة التجليخ اليدوية في تجليخ نتوءات درزات اللحام أو الحواف غير المنتظمة للألواح المعدنية مما يدخل في عمليات إصلاح أجسام المركبات الآلية (شكل ٥١ – ١). وبالنسبة لأشغال التجليخ التي تتطلب قدرة عالية في إزالة الرائش يكون استعمال جهاز التجليخ الزاوي ذي أقراص التجليخ المرنة، المزودة بمادة ربط من الراتنج الاصطناعي مناسبا (شكل ٥١ – ٢). وتجليخ الأجزاء المعجنة لجسم المركبة تجليخا مستويا باستعمال ورق أو قماش سنفرة. ويجب تزويد سطح التجليخ بالماء بكثرة أثناء التجليخ عند استعمال ورق سنفرة للتجليخ المبلل، حيث يجرف الماء تراب التجليخ ويزيله من الورق مانعا بذلك حدوث خدوش غير مرغوب فيها بالأسطح التي تم تجليخها.

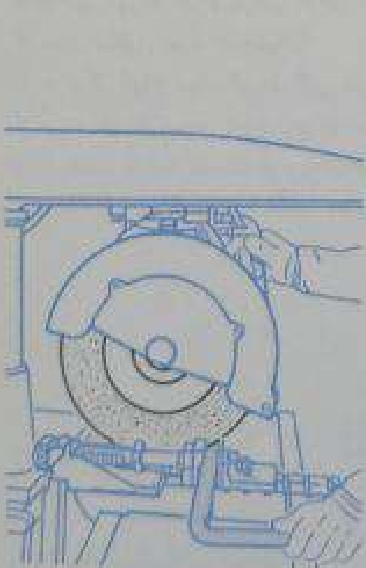
تجليخ الشحذ: ويستخدم في ورش إصلاح المركبات الآلية لشحذ الأجنات والمفكات وكذلك الشياقات وأقلام الخراطة. وتثبت أقراص التجليخ في مكنات تجليخ العدد. وعند تجليخ أسطح أدوات القطع أو التشغيل، يجب عدم استعمال محيط الأقراص، إذ يؤدي ذلك إلى تجليخ مقعر وبالتالي إلى تصغير زاوية حد القطع (شكل ٥١ – ٣). ويكون من الأفضل التجليخ بالسطح الجانبي المستوي لقرص



٥١ – ٤ مكنة تجليخ، لتجليخ قواعد الصمامات.



٥١ – ٥ تجليخ صقل للصمامات بمعجون تجليخ وبجهاز ذي مرفق يدوي.



٥١ – ٦ جهاز تجليخ زاوي ذو ركيزة (قاعدة) لعملية فصل الفولاذ المشكل على هيئة مقاطع واجهية.

التجليخ. وتعتبر أقراص التجليخ قدحية الشكل أفضل الأنواع لتجليخ العدد. ومن الأمور الهامة في عملية التجليخ المتحد توفير التبريد، وإلا توهجت حدود القطع ولزم تحديد تصليد أداة القطع.

التجليخ مع الالتزام بالأبعاد: ويكون إما تجليخا أسطوانيا خارجيا أو داخليا، كما يكون أيضا تجليخا مستويا. وتستخدم العمليتان الأولتان عند إعادة تجليخ الأسطح المخروطية للصمامات وقواعدها. ويتم تجليخ الأسطح المخروطية للصمامات على مكنات خاصة (شكل ٥١ – ٤). وتكون أقراص التجليخ ذات حبيبات دقيقة من الكورندم الكهربائي ومادة ربط خزفية متوسطة الصلادة، وتستعمل أقراص من كربيد السليكون في تجليخ قواعد الصمامات.

تجليخ الفصل (القطع) (شكل ٥١ – ٦). تكون أقراص الفصل مرنة، ويتراوح سمكها من 1 mm إلى 5 mm بحسب قطر القرص. ومن الأمور الهامة وجوب تثبيت قطع الشغل تثبيتا محكما أثناء عملية الفصل وتوجيه كمية وافرة من ماء التبريد إلى قطعة الشغل.

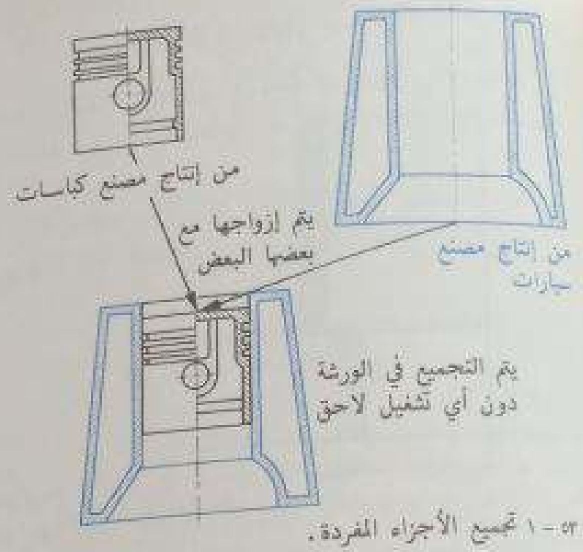
تجليخ الصقل: إذا أريد أن تستقر الصمامات تماما على قواعدها لتكون مانعة للتسرب، وجب تجليخها تجليخ صقل، وتستعمل في هذه الحالة حبيبات تجليخ سائبة متناهية النعومة، تخلط بمادة ربط مائعة من النوع الزيتي لتكون معجون تجليخ.

٣ – ٢ – ٤ تعليمات السلامة على مكنات التجليخ

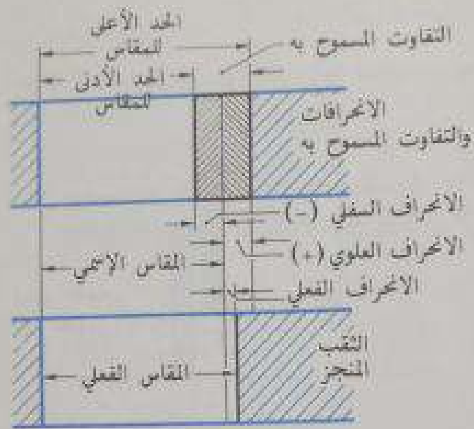
- لا يجوز إدارة أقراص التجليخ بسرعة تفوق الحد الأعلى المنصوص عليه للسرعة المحيطية.
- يجب حماية أقراص التجليخ من الصدمات والاهتزازات وكذلك حفظها في أماكن جافة ما أمكن.
- يجب أن تزود أقراص التجليخ بدروع واقية قابلة للضبط مصنوعة من مادة متينة، وليس من الضروري أن تكون الدروع الواقية لمكنات التجليخ اليدوية قابلة للضبط.
- يجرى اختبار الرنين الصوتي على أقراص التجليخ، وهي حرة التعليق، قبل كل عملية تثبيت. ولا يجوز استخدام أقراص التجليخ المعيوبة. ويجب تركيب أقراص التجليخ على أعمدتها باليد دون ضغطها بعنف أو الطرق عليها بمطرقة أو ربطها على أعمدتها بإحكام شديد.
- تثبت أقراص التجليخ بشفاه تثبيت طبقا للتعليمات، كما تولج حلقات مرنة بين شفاه التثبيت وقرص التجليخ.
- يجب أن تجرى إدارة تجريبية على قرص التجليخ لمدة خمس دقائق على الأقل عند سرعة التشغيل الكاملة بعد كل تثبيت جديد.
- يجب أن تكون قواعد ارتكاز قطع الشغل لمكنات التجليخ اليدوي قابلة للضبط، وأن تكون دائما محكمة التثبيت من كل الجوانب عند قرص التجليخ. ويجب ارتداء النظارات الواقية أثناء التجليخ الجاف، أو إحاطة مكنات التجليخ بحجب واقية من الشرر المتطاير.

أسئلة:

١ – أذكر أمثلة للآتي من واقع خبرتك في الورشة:
أ) التجليخ المستوي،
ب) تجليخ شحذ الحدود القاطعة،
جـ) تجليخ الصقل.
٢ – من أي الأجزاء يتركب قرص التجليخ؟
٣ – مم تتكون مواد التجليخ؟
٤ – أذكر أنواع مواد الربط التي تعرفها.
٥ – ما هو الأساس الذي يتم بموجبه اختيار المادة الرابطة لحبيبات التجليخ؟
٦ – صف كيفية تثبيت قرص التجليخ على مكنة التجليخ ذات القائم.



٥٣ - ١ تجميع الأجزاء المفردة.



٥٣ - ٢ مقاسات الازدواج ممثلة في رسم لثقب.

٣ - ٣ الازدواجات

يتطلب الإنتاج الكمي الحديث إمكان تجميع الأجزاء المفردة للمكنات المنتجة في مصانع متخصصة دون الحاجة إلى تشغيل لاحق (شكل ٥٣ - ١)، الأمر الذي يفرض الالتزام بنظام معين لوحدات القياس، بالإضافة إلى الاتفاق على درجات الدقة في الإنتاج. ويطبق النظام الدولي للازدواج ISO في دول أوروبا الغربية. (International Organisation for Standardization)

٣ - ٣ - ١ تحديد رتبة الازدواج من مجال التفاوت المسموح به

لا يمكن إنتاج قطعة شغل بدقة مطلقة، ومن ثم يجب البدء في تحديد درجة الدقة المطلوب المحافظة عليها لمقاس محدد هو المقاس الإسمي (Nominal Dimension) قبل الإنتاج الفعلي.
والمقاس الإسمي مبين بالرسم (شكل ٥٣ - ٢).

التفاوت المسموح به: هو الانحراف المسموح به عن المقاس الإسمي. ويحدد مقدار التفاوت المسموح به رتبة قطعة الشغل.
وتتوقف الرتبة على الغرض من الاستعمال، وتتساوى مجالات التفاوت المسموح به لنفس المقاس الإسمي ونفس الرتبة. وتوجد عشرون رتبة (شكل ٥٣ - ٤). فالرتب من 01 حتى 6 لأجهزة القياس، والرتب من 5 حتى 11 لأجزاء المكنات، والرتب من 11 حتى 18 للمنتجات المدلفنة والمطروقات.

٣ - ٣ - ٢ تحديد نوع الازدواج بواسطة موضع مجال التفاوت المسموح به

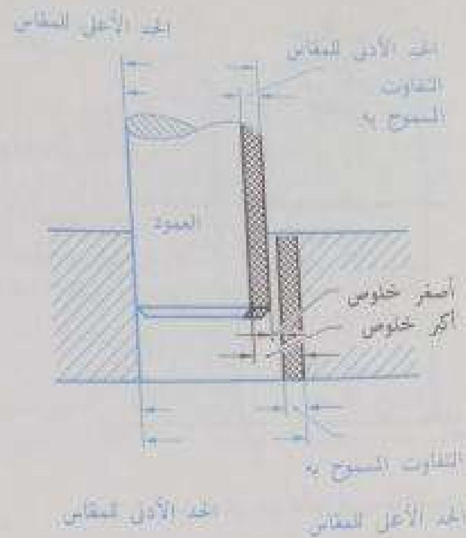
يمكن أن تركيب الأعمدة مع الثقوب بثلاثة أنواع من الازدواجات:
ازدواج خلوصي (Clearance Fit) (شكل ٥٤ - ١): وفيه يكون قطر الثقب دائما أكبر من قطر العمود. ويمكن وجود الهواء (الخلوص) بين العمود والثقب كلا الجزئين من التحرك في بعضهما بسهولة.

التفاوت المسموح به	صغير وصغير جداً						متوسط الكبر						كبير							
الرتبة	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
الاستخدام	محددات قياس إسنادية						محددات قياس تشغيل		صناعة المكنات				أجزاء خشنة، مسحوبة، مدلفنة							
التفاوتات الأساسية المسموح بها بوحدة 1/1000 mm للأقطار ذات المقاس الإسمي من 30 mm حتى 50 mm	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900

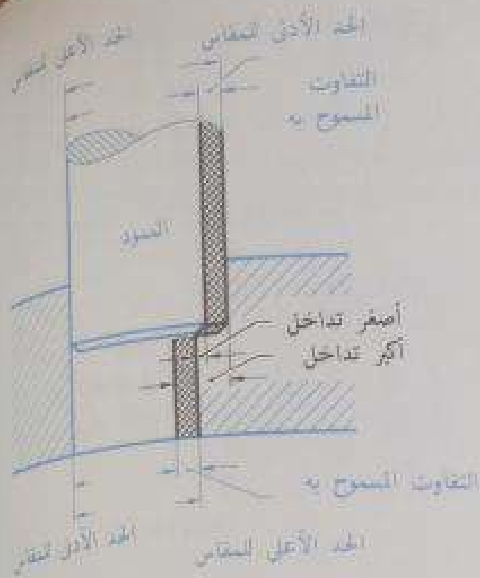
٥٣ - ٤ رتب النظام الدولي للازدواجات - ISO.



٥٣ - ٣ مجالات التفاوت المسموح به للرتب المختلفة مكبرة تكبيرا بالغا ولكنها محتفظة بنفس النسب.



٥٤ – ١ ازواج خلوصي (Clearance Fit) ويلزم للحركة الانزلاقية أو الدورانية بين عمود وثقب، يجب أن يمكن الخلوص في الحمل من وجود طبقة تزليق كافية الثخانة (السمك).



٥٤ – ٢ ازواج ضغط: يستعمل للوصلات الثابتة ويتم بالانكماش أو بالضغط

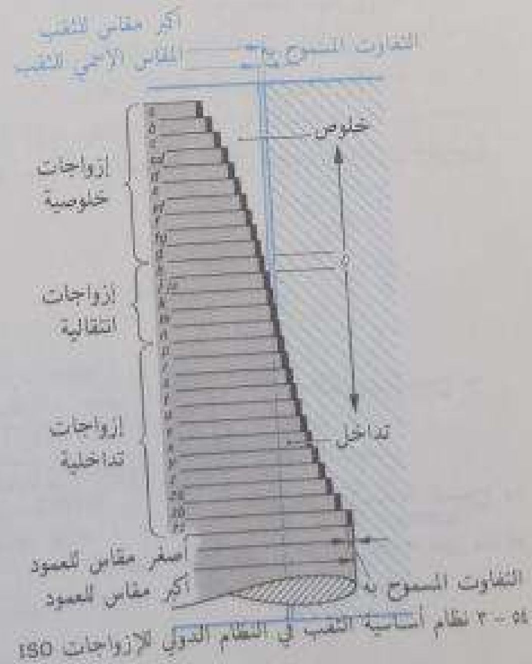
ازواج تداخلي (ضغط) (Interference Fit) (شكل ٥٤ – ٢): وفيه يكون قطر الثقب دائما أصغر من قطر العمود، ولا يتسنى إيلاج العمود في الثقب دون إجراءات مساعدة.

ازواج انتقالي (Transition Fit): ويمكن أن يكون فيه ازواجا خلوصيا أو ازواجا تداخليا. ويمكن التوصل إلى الأنواع المختلفة من الازواجات بتغيير موضع مجال التفاوت المسموح به بالنسبة للمقاس الاسمي. وقد حدد واحد وعشرون موضعا بالنسبة للمقاس الاسمي، ويرمز إلى مواضع مجالات التفاوت المسموح به للأعمدة، بحروف أبجدية صغيرة، وللثقوب بحروف أبجدية كبيرة. فبالنسبة للأعمدة مثلا يكون مجال التفاوت المسموح به h بحيث يجعل الانحراف العلوي صفرا. وبالنسبة للثقوب يكون مجال التفاوت المسموح به المقابل أو المناظر H بحيث يجعل الانحراف السفلي صفرا، وتعني الحروف الأبجدية في بداية ترتيبها خلوصا كبيرا. وتعني تلك التي تأتي عند نهايتها تداخلا كبيرا.

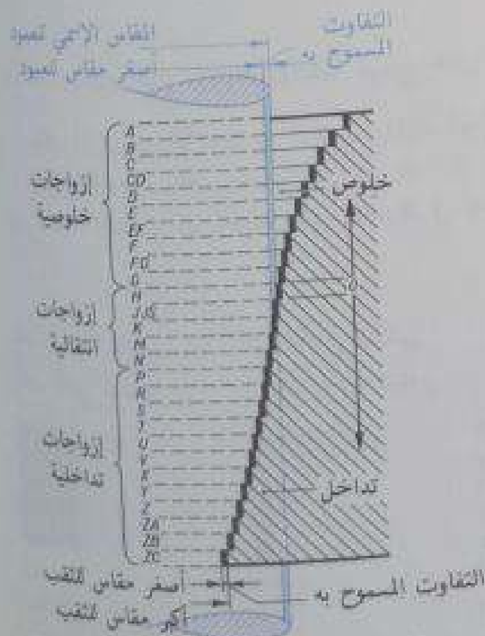
٣ – ٣ – ٣ نظام أساسية الثقب ونظام أساسية العمود

يمكن الحصول على أنواع الازواجات لقطر اسمي معين ولرتبة ازواج معينة، على النحو التالي:

- تحديد (تثبيت) موضع مجال التفاوت المسموح به للعمود (نظام أساسية الثقب)، أو
- تحديد (تثبيت) موضع مجال التفاوت المسموح به للثقب وتغيير موضع مجال التفاوت المسموح به للعمود وتغيير موضع مجال التفاوت المسموح به للثقب (نظام أساسية العمود).



٥٤ – ٣ نظام أساسية الثقب في النظام الدولي للازواجات ISO



٥٤ – ٤ نظام أساسية العمود في النظام الدولي للازواجات ISO

نظام أساسية الثقب (شكل ٥٤ - ٣) :

يتخذ مجال التفاوت المسموح به لجميع الثقوب الموضع H، وينتج الازدواج عن طريق موضع مجال التفاوت المسموح به للعمود، ويستخدم هذا النظام بوجه عام في تصميم أجزاء المكنات (انظر الجدول أسفله).

نظام أساسية العمود (شكل ٥٤ - ٤) : يتخذ مجال التفاوت المسموح به لجميع الأعمدة الموضع h، وينتج الازدواج من موضع مجال التفاوت المسموح به للثقب. ويفضل استعمال هذا النظام في صناعة وسائل النقل والحركات الكهربائية وأجهزة الرفع.

أسئلة :

١ - ما هي فوائد استخدام الازدواجات في صناعة السيارات؟

٢ - أي أجزاء محركات المركبات الآلية تنتج طبقا لنظم الازدواجات؟

٣ - وضح المصطلحات الآتية : المقاس الاسمي - التفاوت المسموح به - الرتبة - الحد الأعلى للمقاس - الحد الأدنى للمقاس - الانحراف العلوي - الانحراف السفلي.

٤ - لماذا يختار مجال تفاوت مسموح به للأقطار الكبيرة أكبر منه للأقطار الصغيرة عند نفس الرتبة؟

٥ - إشرح المصطلحات التالية : أكبر خلوص - أصغر خلوص - أكبر تداخل - أصغر تداخل.

٦ - لأي نوع من الازدواجات ينتسب Ø 60 [illegible]؟

ازواجات النظام الدولي ISO - نظام أساسية الثقب - الانحرافات بوحدة µm (1 µm = 1/1000 mm)

طبقا للمواصفة القياسية DIN 7161 مقبول / مرفوض	الرمز الدولي ISO	6 ... 10 العلوي	6 ... 10 السفلي	10 ... 18 العلوي	10 ... 18 السفلي	18 ... 30 العلوي	18 ... 30 السفلي	30 ... 50 العلوي	30 ... 50 السفلي	50 ... 80 العلوي	50 ... 80 السفلي	80 ... 120 العلوي	80 ... 120 السفلي
		المجال الاسمي للمقاس Ø بوحدة (mm) من ... حتى ..											
		الانحراف		الانحراف		الانحراف		الانحراف		الانحراف		الانحراف	
الثقب hole	H 6	+9	0	+11	0	+13	0	+16	0	+19	0	+22	0
العمود shaft	n 5	+16	+10	+20	+12	+24	+15	+28	+17	+33	+20	+38	+23
	m 5	+12	+6	+15	+7	+17	+8	+20	+9	+24	+11	+28	+13
	k 5	+7	+1	+9	+1	+11	+2	+13	+2	+15	+2	+18	+3
	j 5	+4	−2	+5	−3	+5	−4	+6	+6	−2	−7	+5	−9
	h 5	0	−6	0	−8	0	−9	0	−11	−0	−13	0	−15
	g 5	−5	−11	−6	−14	−7	−16	−9	−20	−10	−23	−12	−27
الثقب hole	H 7	+15	0	+18	0	+21	+0	+26	0	+30	0	+35	0
العمود shaft	s 6	+32	+23	+39	+28	+48	+35	+59	+43	+72	+53	+93	+71
	p 6	+24	+15	+29	+18	+35	+22	+42	+26	+78	+59	+101	+79
	n 6	+19	+10	+23	+12	+28	+15	+33	+17	+51	+32	+59	+37
	m 6	+15	+6	+18	+7	+21	+8	+25	+9	+39	+20	+45	+23
	k 6	+10	+1	+12	+1	+15	+2	+18	+2	+30	+11	+35	+13
	j 6	+7	−2	+8	−3	+9	−4	+11	−6	+21	+2	+25	+3
	h 6	0	−9	0	−11	0	−13	+0	−16	+12	−7	+13	−9
	g 6	−5	−14	−6	−17	−7	−20	−9	−25	0	−19	+0	−22
	f 7	−13	−28	−16	−34	−20	−41	−25	−50	−10	−29	−12	−34
	e 8	−25	−47	−32	−59	−40	−73	−50	−89	−30	−60	−36	−71
	d 9	−40	−76	−50	−93	−65	−117	−80	−142	−60	−106	−72	−126
الثقب hole	H 8	+22	0	+27	0	+33	0	+39	0	−100	−174	−120	−207
العمود shaft	h 8	0	−22	0	−27	0	−33	0	−39	+46	0	+54	0
	h 9	0	−36	0	−43	0	−52	0	−62	0	−46	0	−54
	f 8	−13	−35	−16	−43	−20	−53	−25	−64	0	−74	0	−87
	e 9	−25	−61	−32	−75	−40	−92	−50	−112	−30	−76	−36	−90
	d 9	−40	−76	−50	−93	−65	−117	−80	−142	−60	−134	−72	−159
	d 10	−40	−98	−50	−120	−65	−149	−80	−180	−100	−174	−120	−207
										−100	−220	−120	[illegible]

٣ – ٤ القياس الدقيق والاختبار

قطعت سيارة ركوب مسافة 120 000 km، فانخفضت قدرة المحرك والسرعة القصوى للسيارة، وعند إجراء اختبار الانضغاط في الورشة وجد أن الانضغاط متباين في الأسطوانات المفردة وأنه منخفض جزئيا. لذا يجب رفع المحرك وتفكيك أجزائه لفحص ومعرفة مدى البلى (التآكل) الحادث في أجزاء المحرك.

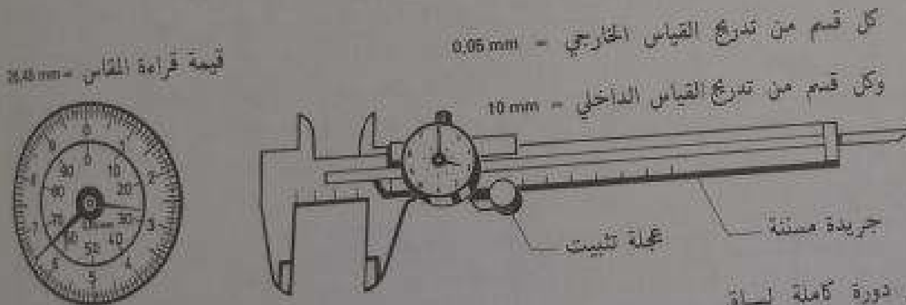
ويمكن إعادة تشغيل أجزاء السيارة في ورش الإصلاح طالما أن البلى (التآكل) لم يتعد حدوداً معينة. ويتم تعيين هذه الحدود من قبل الشركات المنتجة (الصانعة) كما يتم الكشف عليها بأجهزة القياس الدقيقة.

- القياس: هو عملية تحديد القيمة العددية لكمية ما، بمقارنتها بوحدة قياس مناظرة معلومة، وتتم هذه المقارنة باستخدام أدوات وأجهزة القياس. ويجب على ميكانيكي السيارات أن يكون قادرا على القيام بإجراء أنواع القياسات المختلفة، وسواء كانت أجزاء السيارة منتجة حديثا ولم تستعمل بعد أو أعيد تشغيل أجزاءها أو كانت مجمعة، فإنه يتعين إجراء قياسات الأطوال والزوايا، كما يجب التفتيش على المحرك والمكربن (الكاربيراتير) ومولد التيار الكهربائي وبادئ التشغيل واختبارها للتأكد من حسن أدائها لوظائفها. وبالتالي يجب قياس الضغط والزمن ودرجات الحرارة وكذلك الكميات الكهربائية وقوى التقاصر والتسارع.
- الاختبار: هو الكشف عن مدى الالتزام بالمقاسات (الأطوال والزوايا) والأشكال المحددة لقطعة شغل ما.

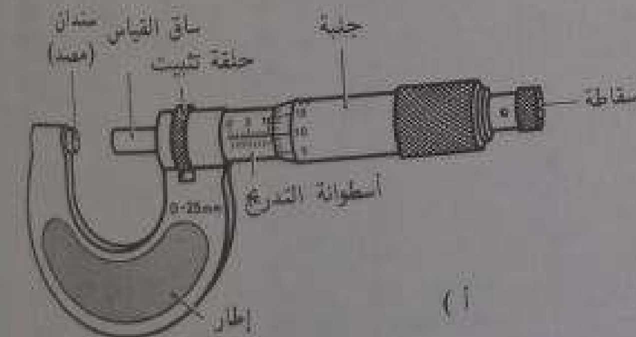
٣ – ٤ – ١ القياس والاختبار في الإنتاج والتجميع

يجب المحافظة على دقة المقاسات الطولية لأجزاء المركبات، ولذلك لا يكفي استخدام مسطرة فولاذية مقسمة إلى وحدات 1/2 mm، أو ورنية ذات دقة قدرها 1/10 mm لتعيين هذه الدقة، وإنما يتعين استخدام أدوات القياس الدقيق. وعند استعمال هذه الأدوات يجب مراعاة القواعد التالية:

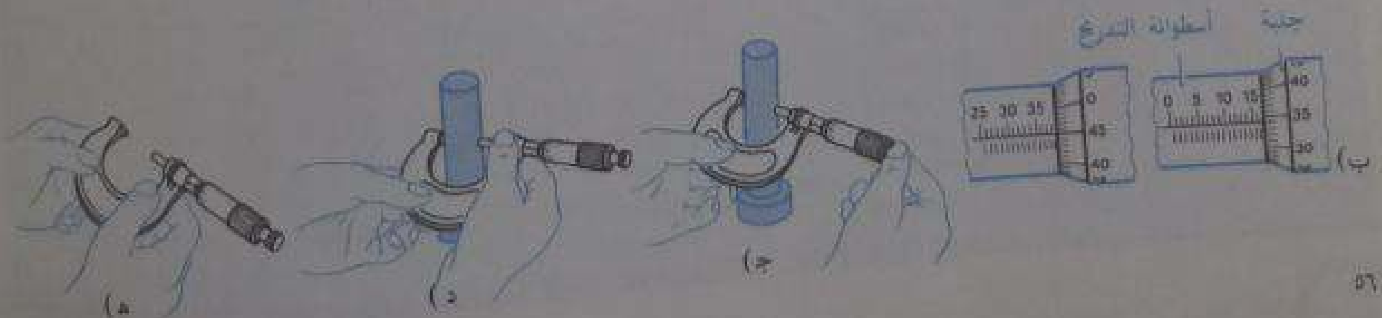
- تجرى القياسات على الأجزاء تامة النظافة فقط.
- لا يجوز أن تسخن الأجزاء المقاسة، كما يجب المحافظة على درجة حرارة 20°C عند القياس.
- لا يلجأ إلى العنف ولا يجرى القياس على أجزاء متحركة.



٥٦ – ١ ورنية قياس ذات قرص بيان للقياسات الخارجية والداخلية والأعماق. يخص المؤشر الكبير تدريج القياس الخارجي بينما يخص المؤشر الصغير تدريج القياس الداخلي.

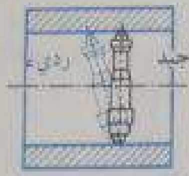


٥٦ – ٢ قراءة ميكرومتر القياس الخارجي. تعطي دورة كاملة لساق القياس (أ) تقدما قدره 0,5 mm، يمكن قراءته على التدريج الطولي لأسطوانة التدريج (ب). ويبين التدريج الحلقي على الجلبة أقسام دورة يعادل كل قسم فيها 0,01 mm. وتقوم حلقة التثبيت بإحكام ساق القياس (البعد المقاس). وتستعمل السقاطة للاحتفاظ الدائم بضغط قياس ثابت القيمة غير معتمد على إحساس الشخص القائم بالقياس. ويوضح شكل (ج) قياس قطر مسمار باستخدام ميكرومتر. يحرك الميكرومتر على المسمار وليس بالعكس. ويمكن التوصل إلى المقاس بإدارة الجلبة باحتراس، ويتبع ذلك الضبط الدقيق باستعمال السقاطة. يبين شكل (د) زنق حلقة التثبيت، بينما يوضح شكل (هـ) سحب الميكرومتر بإزلاقه عن المسمار وقراءة المقاس.





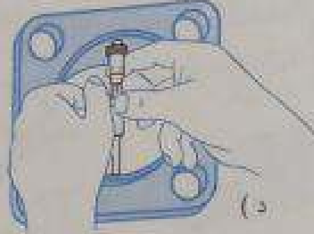


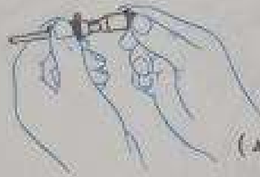


أ)

ب)







جـ)

د)

هـ)

٥٧ - ١ يقاس القطر الداخلي بواسطة ميكرومتر قياس داخلي.
أ) ميكرومتر قياس داخلي.
ب) إدخال ميكرومتر القياس الداخلي في الثقب، مع وجوب مراعاة صحة الوضع.
جـ) يمسك أحد الطرفين ويحرك الطرف الآخر (بزيادة طوله).
د) يربط برغي التثبيت.
هـ) يخرج الميكرومتر من الثقب، ويقرأ المقاس.

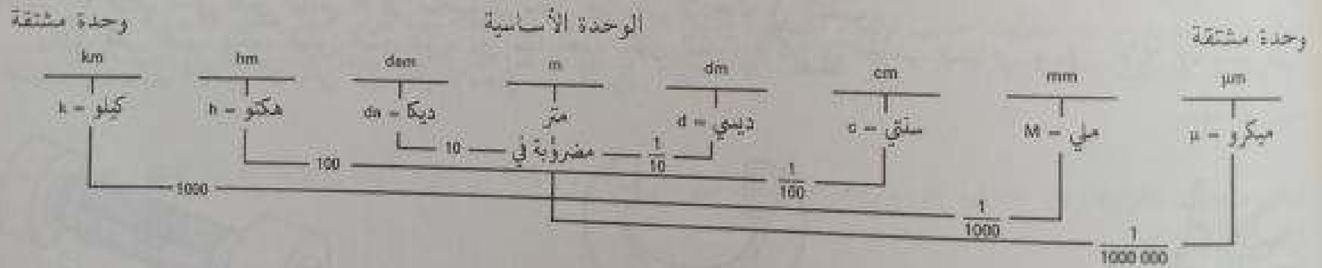
- تستبعد احتمالات الخطأ عند قراءة المقاس.
- توضع أجهزة القياس والاختبار على قاعدة لينة ونظيفة.

يمكن تعيين نتائج القياس والاختبار بطرق مختلفة، فهناك القياس المباشر، والقياس والاختبار غير المباشر باستخدام محددات القياس (Gauges).

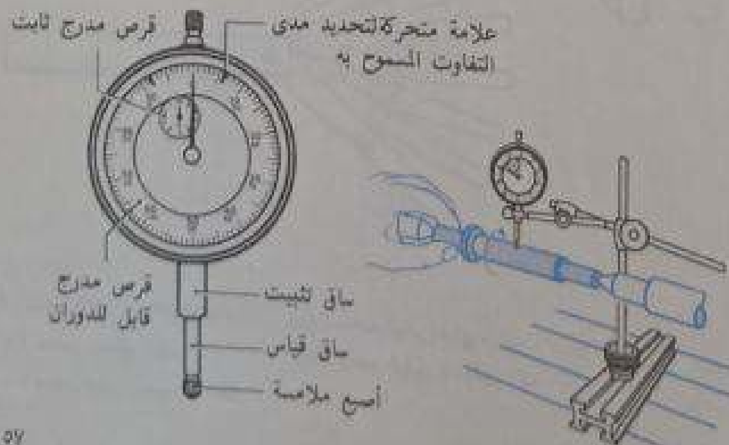
ففي القياس المباشر تظهر قيمة الكمية المطلوب قياسها على تدريج المقياس.

تقيس الورنية ذات قرص البيان (شكل ٥٦ - ١) بدرجة دقة قدرها 0,05 mm؛ وتتلقى مؤشرات قرص البيان حركتها عن طريق تروس تحركها جريدة مسننة، ويمكن قراءة نتيجة القياس دون حاجة إلى الإلمام بطبيعة عمل الورنية.

الميكرومترات: ولها سطوح قياس تتحرك بواسطة عمود ملولب ذي خطوة مقدارها 0,5 mm، ويمكن الحصول على نتيجة القياس في الأشكال البسيطة لهذه الميكرومترات بقراءة الملليمترات الصحيحة على أسطوانة التدرج، وأجزاء قدرها 1/100 mm على الجلبة، ثم تجمع القيمتان مع بعضهما. ويحدث الخطأ في القراءة إذا لم يركز القارئ على دقة القراءة، إذ يمكن أن تقع القيم على الجلبة في المجال من 1/100 إلى 50/100، أو في المجال من 51/100 إلى 100/100 أيضا (شكل ٥٦ - ٢).

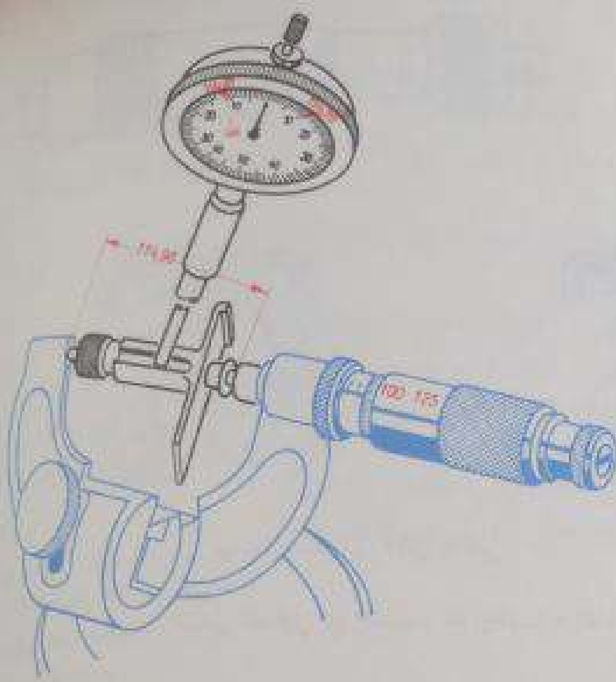
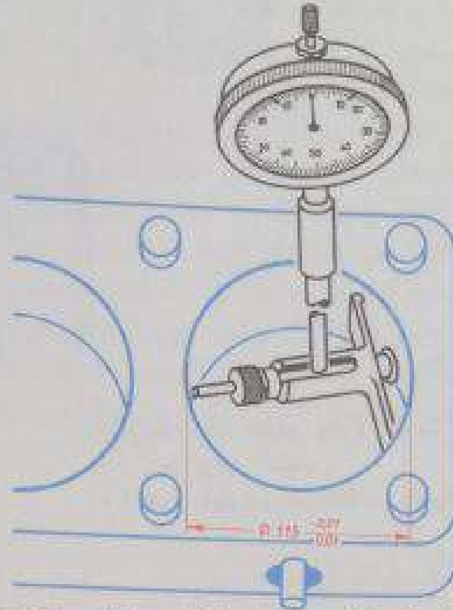


يمكن تعيين المقاسات الداخلية بواسطة الميكرومترات الداخلية (شكل ٥٧ - ١) ويتطلب استعمالها مهارة كبيرة، لا سيما عند قياس الثقوب الصغيرة. وتحدث أخطاء القياس بسهولة. ومما يجدر مراعاته بصفة خاصة، ألا يكون وضع الميكرومتر مائلا داخل الثقب.



٥٧ - ٢ يبين المؤشر الكبير لمحدد القياس ذي القرص المدرج (ساعة القياس) 1/100 mm، بينما يبين المؤشر الصغير مليمترا كاملا. وبإدارة القرص المدرج تتوصل إلى وضع الصفر. ويسمح ماسك على شكل رقبة الزرافة بتثبيت محدد القياس في أوضاع مختلفة. ويلتصق الماسك المغنط على الأسطح الرأسية أيضا. وعند اختبار دقة استدارة عمود الحدبات تبين الساعة قيمة الانحراف عن وضع الصفر.

٥٨ – ١ قياس ثقب أسطواني. يضبط المقاس المطلوب إنجازه بواسطة ميكرومتر.

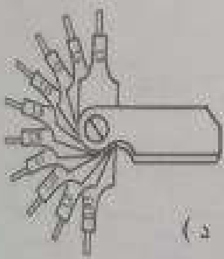
يمكن تحديد مدى الفرق بين المقاس الفعلي والمقاس المطلوب تحقيقه بالقياس غير المباشر، والأجهزة التي تستخدم لهذا الغرض هي ساعات القياس أو المستشعرات الدقيقة أو أجهزة القياس التي تعمل بالهواء المضغوط.

ساعات القياس (شكل ٥٧ – ٢). وتعمل بدقة إذ يبلغ خطأ القياس بها 1/100 mm أو 1/1000 mm. ويكون مجال قياسها بين 1 mm و 10 mm. وللقياسات الداخلية تستعمل ساعات قياس يرتكز فيها رأس القياس على ساق. وتنقل تحركات أصبع الاستشعار إلى مؤشر ساعة القياس بواسطة رافعة زاوية. وتكون الملامسات عادة قابلة للاستبدال وترتب أطوالها بحسب قطر التجويف. وتقاس بها محامل عمود المرفق ومحامل ذراع التوصيل وثقوب أصبع (بنز) الكباس (Piston Pin Bore) (شكل ٥٨ – ١) بالإضافة إلى تجاويف الأسطوانات.

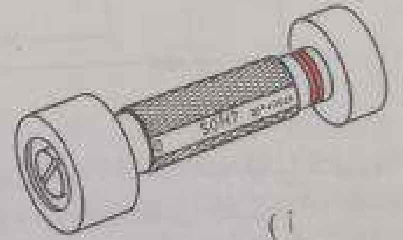
محددات القياس (Gauges) عبارة عن أجهزة اختبار تستخدم لضبط قياس ما فقط. وهي على نوعين:

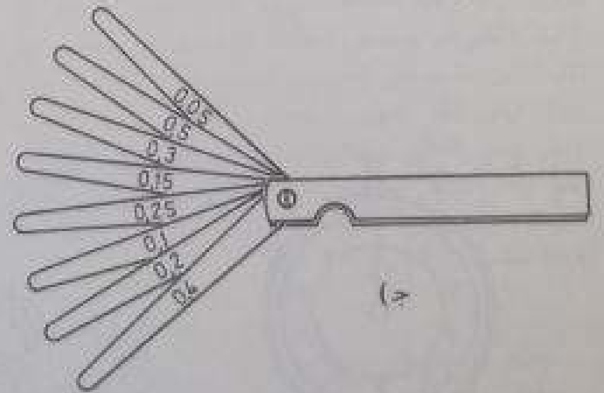
محددات قياس الحدود (Limit Gauges) وبها يعيّن ما إذا كان المقاس الفعلي واقعا بين مقاسين حديين، وذلك بمساعدة موضعي اختبار. ويوجد في محددات قياس الحدود جانب سماحي (Go) وجانب لا سماحي (Not Go). أما لقياس الثقوب فيستعمل محدد قياس سدادي حدي (Limit Plug Gauge) (شكل ٥٨ – ٢). ويوجد المقاس الأصغر في الجانب السماحي، الذي يجب أن يكون قابلا لإدخاله في الثقب، أما الجانب اللاسماحي الذي يحوي المقاس الأكبر فيجب أن يكون غير قابل لإدخاله في الثقب.

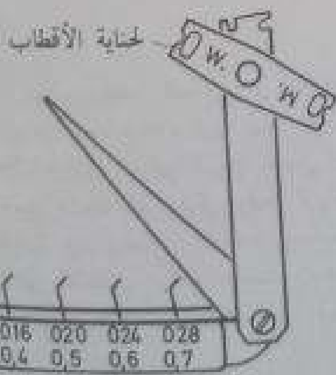
ويختبر قطر العمود بمحدد قياس حدي فكي، وفي هذا المحدد يكون المقاس الأكبر في الجانب السماحي ويكون قابلا لإدخاله على العمود، بينما يكون الجانب اللاسماحي غير قابل للإدخال على العمود.











٥٨ – ٢

أ) محدد قياس سدادي حدي،

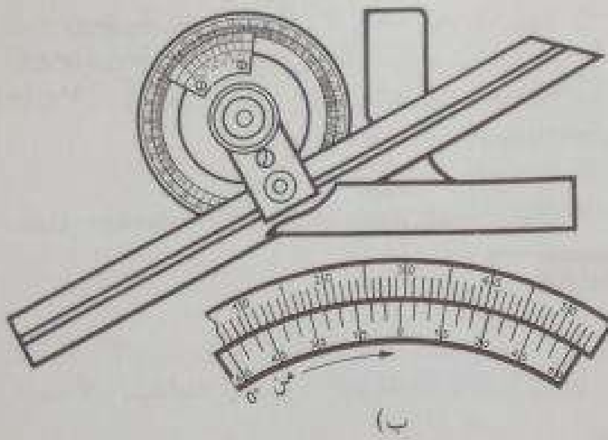
ب) محدد قياس فكي،

جـ) مجس مسطح (فيلر)،

د) محدد قياس مسافات.

هـ) محدد قياس شمعة الإشعال.

٥٩ - ١
أ) منقلة بسيطة،
ب) منقلة جامعة الأغراض، ذات دقة قدرها ′5





أما محددات القياس الاستشعارية (المجس) (Feeler Gauges) فهي ذات موضع اختبار واحد فقط (شكل ٥٨ - ٢). ويستعمل المجس المسطح (فيلر) في ضبط خلوص الصمامات وخلوص أطراف ملامسات الإشعال وحوامل العجلات أو لاختبار خلوص حلقات الكباس Piston Ring. ويستعمل محدد قياس المنافث لضبط منافث المكربن أو منافث الحاقن (الرشاش). ويسمح محدد قياس شمعة الإشعال باختبار تباعد الأقطاب.

يكون اختبار الزوايا لقيم "30، "45، °90، °120. بمحددات زوايا ثابتة. أما بالنسبة لتحديد زاوية ما. فيمكن استخدام المنقلة البسيطة وهي مقياس قابل للضبط وبدقة قدرها °1. ويمكن التوصل إلى درجة دقة قدرها ′5 بواسطة المنقلة جامعة الأغراض (شكل ٥٩ - ١)

٣ - ٤ - ٢ قياس الاختبار والتفتيش على أداء المركبة الآلية

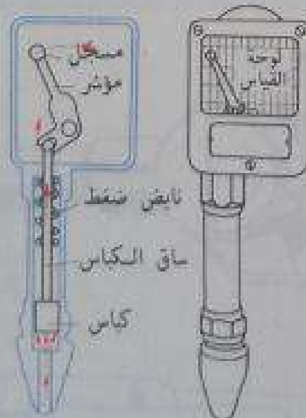
يتوقف الأداء السليم لكل جزء منفرد على درجة البلى (التآكل)، وبالتالي يمكن اختبار أداء الأجزاء المفردة بطريقة عكسية للوقوف على مدى البلى الحادث فيها. وتستعمل لهذا الغرض أجهزة يركب بعضها تركيبا ثابتا في المركبة والبعض الآخر قابل للنقل.

قياس الضغوط. تقاس ضغوط الغازات والسوائل بواسطة المانومترات (Manometers).

ويستخدم نوعان متباينان هما: مانومتر ذو نابض أنبوبي (شكل ٥٩ - ٢)؛ تدخل المادة الواقعة تحت ضغط إلى أنبوب نابضي مقوس بشكل حلقي، وتمدده بدرجات متفاوتة حسب ارتفاع الضغط، وتنقل حركة التمدد عبر قطعة مسننة وترس مسنن صغير (بنيون) إلى مؤشر.
مانومتر ذو كباس (شكل ٥٩ - ٣)؛ يؤثر الضغط على الكباس فيدفعه في مواجهة نابض. وتنقل هذه الحركة عبر ساق الكباس إلى مبين أو مؤشر.

قياس درجات الحرارة: إن المحافظة على درجة حرارة التشغيل أمر أساسي لإطالة عمر المحرك. وتقاس درجة حرارة التشغيل هذه بواسطة ترمومتر يقيس عن بعد.

ترمومتر يعمل بضغط السوائل (شكل ٦٠ - ١أ)؛ ويتركب من مستشعر حراري وأنبوب شعري (Capillary Tube) ومانومتر ذي نابض أنبوبي، وتملأ هذه الأجزاء بسائل يتمدد بالحرارة، حيث يؤدي تمدد النابض الأنبوبي إلى دفع المؤشر.

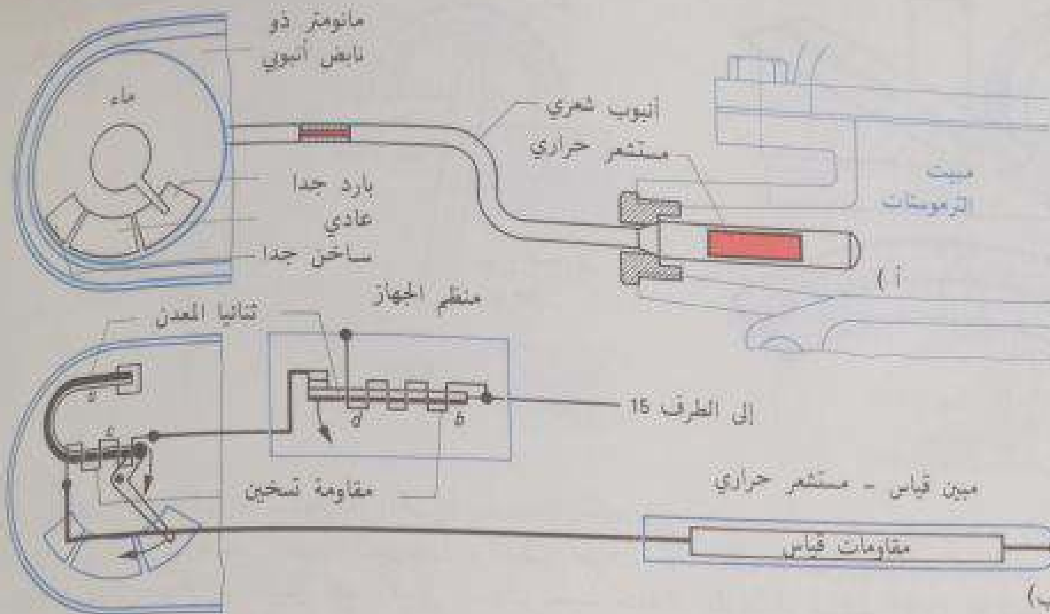


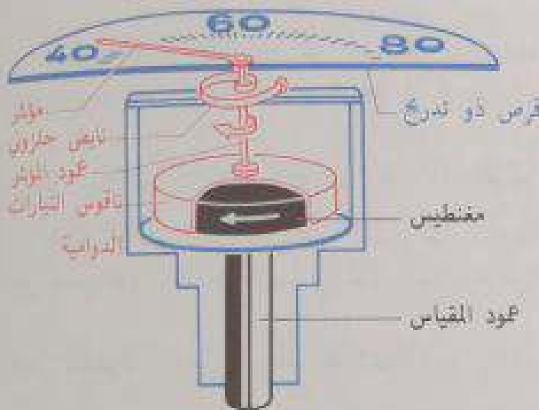
٥٩ - ٣ جهاز مقياس ضغط الانضغاط. مانومتر ذو كباس ولوحة قياس قابلة للتحريك.



٥٩ - ٢ مانومتر ذو نابض أنبوبي، يستعمل كجهاز قياس للضغط المنخفض بقصد التفتيش على أداء المكربن ومضخة الوقود، وجهاز الضغط بالتخلخل لموزع الإشعال.

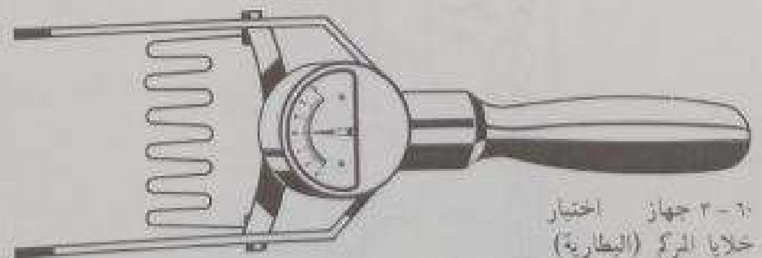
٦٠ - ١ ترمومتر يقيس عن بعد
أ) ترمومتر ضغط السوائل،
ب) ترمومتر كهربائي.





٦٠ - ٢ جهاز قياس السرعة: وفيه يدار مغنطيس قرصي بواسطة عمود مرن (قابل لحني)، تبعا لسرعة دوران العجلة، وبذلك يقطع مجاله المغنطيسي ناقوس الألومنيوم المحيط بقطعة المغنطيس (مكبح بالتيارات الدوامية). وتنشأ عن الحث تيارات دوامية ذات مجال مغنطيسي معاكس لمجال المغنطيس. وتؤدي قوى التنافر الناتجة إلى إدارة الناقوس ضد قوة نابض حلزوني. وتنتقل هذه الإدارة عبر عمود المؤشر إلى المؤشر ذاته. عندئذ يمكن قراءة السرعة على قرص التدرج.

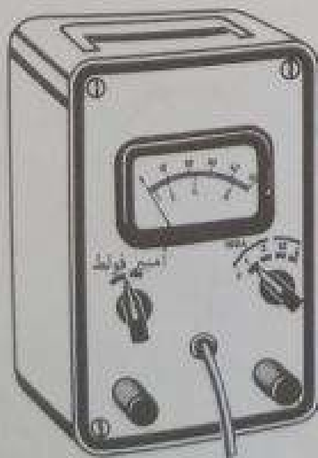
القياس والاختبار				
الإنتاج والتجميع (التركيب)			اختبار الأداء والتفتيش عليه	
الأطوال	طريقة القياس	الزاوية		
ورنية القياس الميكرومتر	مباشرة	منقلة جامعة الأغراض	قياسات الضغط	مانومتر ذو نابض أنبوبي مانومتر ذو كباس
ساعة القياس	غير مباشرة	-	قياسات درجة الحرارة	ترمومتر يقيس عن بعد
محدد قياس حدي محدد قياس استشعاري (مجس)	محددات قياس	زاوية ثابتة	قياس مرتبط بالزمن	جهاز قياس السرعة
			القياس في المنشآت الكهربائية	فولطمتر وأمبيرمتر



٦٠ - ٣ جهاز اختبار
خلايا المركم (البطارية)



٦٠ - ٤ هيدرومتر (مقياس كثافة الحامض)



٦٠ - ٥ فولطمتر وأمبيرمتر

الترمومتر الكهربائي للقياس عن بعد (شكل ٦٠ – ١) ؛ ويعمل بمنظم يسمح بمرور تيار غير متعلق لا بدرجة الحرارة المحيطة ولا بحالة شحن المركم (البطارية) . ويمر هذا التيار عبر مقاومة حرارية ٤ ومقاومة قياس . وتتركب مقاومة القياس من مادة ذات مقاومة تتأثر بدرجة الحرارة . فعندما تتغير مقاومة القياس نتيجة لارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها ، يتغير كذلك التيار المار في المقاومة الحرارية ٥، وبذلك يسخن ثنائي المعدن بتباين كبير ، ويتغير تقوسه مما يؤدي إلى انحراف المؤشر .

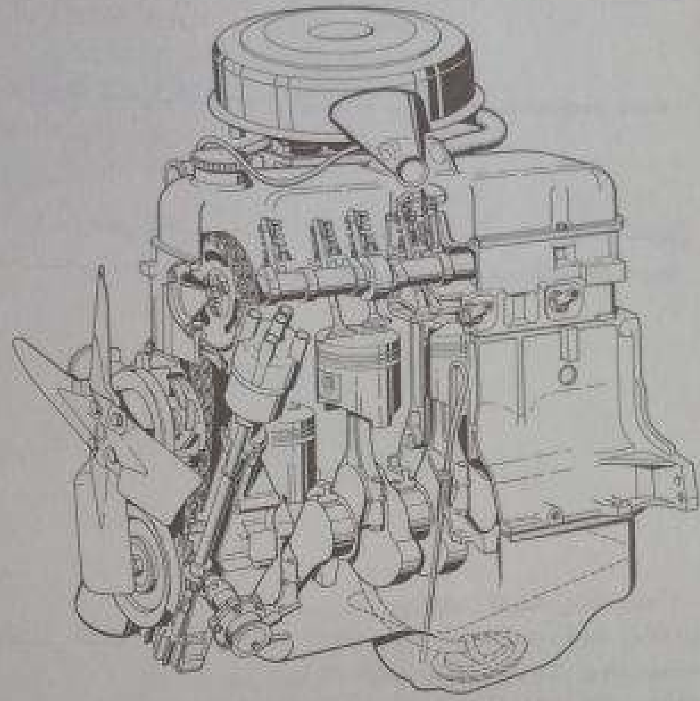
القياس المتعلق بالزمن : وفيه تستخدم أجهزة قياس سرعة السير والسرعة الدورانية ، وجهاز قياس تقاصر الكبح Brake Retardation ، ويعمل أغلبها بالكهرباء (شكل ٦٠ – ٢) .

القياس في المنشآت الكهربائية : يستخدم الهيدرومتر (شكل ٦٠ – ٤) ، وجهاز اختبار خلايا المركم البطارية (شكل ٦٠ – ٣) . للتفتيش على المركم (البطارية) ، ويتم بواسطتها اختبار كثافة الحامض وحالة الشحن في خلايا المركم (البطارية) . ويستعمل الفولطمتر والأمبيرمتر في اختبار مولد التيار وبادئ التشغيل (شكل ٦٠ – ٥) .

أسئلة :

١ ـ أي أجهزة القياس الدقيق يستخدم لقياس الأبعاد الطولية؟
٢ ـ ما هي درجة خطأ القياس للميكرومتر ولساعات القياس؟
٣ ـ في أي مجال تستخدم ساعات القياس؟
٤ ـ ما هي القواعد الواجب اتباعها عند القياس بواسطة أجهزة القياس الدقيق؟
٥ ـ ما هو الفرق بين القياس المباشر والقياس غير المباشر؟
٦ ـ عدِّد أجهزة القياس التي تركب تركيبا ثابتا في المركبات الآلية . وضح طريقة عمل الأجهزة المختلفة .
٧ ـ أي الأجزاء يجرى الكشف عليها بواسطة الفولطمتر والأمبيرمتر؟
٨ ـ كيف يمكن قياس سرعة السير والسرعة الدورانية وتقاصر الكبح؟
٩ ـ كيف يجرى فحص المركم (البطارية) ؟

٤ - المحرك



٤ - ١ محرك أوتو رباعي الأشواط:

يوجد بمعظم المركبات الآلية، محركات احتراق داخلي. ويكتسب الشغل الميكانيكي في هذه المحركات مباشرة، نتيجة احتراق الوقود في الأسطوانة. بينما يتم في الآلات البخارية مثلا توليد بخار الماء عن طريق احتراق الوقود في فرن المرجل. ويقوم البخار بدوره بإنجاز شغل ميكانيكي في أسطوانة المحرك. وتقسم محركات الاحتراق الداخلي حسب نوع الإشعال بها كالآتي:

- محركات أوتو بإشعال خارجي (شمعة إشعال).
- محركات ديزل بإشعال ذاتي.

وتقسم محركات الاحتراق الداخلي تبعا لطريقة التشغيل كالآتي:

- محركات رباعية الأشواط، وتحتاج إلى دورتين من عمود المرفق لإتمام دورة الشغل (أربعة أشواط). وهذا يناظر حركة دورانية لعمود المرفق، أي زاوية مرفقية قدرها ($2 \times 360° = 720°$).
- محركات ثنائية الشوط، وتحتاج إلى دورة واحدة لعمود المرفق لإتمام دورة الشغل.

وتعمل معظم محركات البنزين ومحركات الديزل تبعا للدورة رباعية الأشواط التي اخترعها العالم أوتو. ويطلق إسم «محركات أوتو» على محركات البنزين (ثنائية ورباعية الأشواط) فقط.

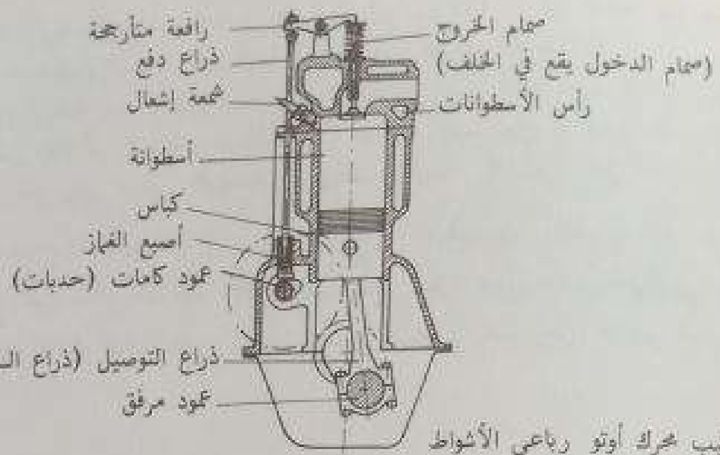
٤ - ١ - ١ تركيب المحركات رباعية الأشواط:

يتحرك الكباس حركة ترددية داخل الأسطوانة التي يغلقها من أعلى رأس الأسطوانات (شكل ٦٣ - ١). وتتحول هذه الحركة المستقيمة للكباس، إلى حركة دورانية عن طريق مسمار (بنز) الكباس وذراع التوصيل وعمود المرفق. ويكون الكباس وذراع التوصيل وعمود المرفق معا مجموعة إدارة المرفق.

ويسمى الموضع الذي يكون فيه رأس الكباس (سطحه العلوي)، في أعلى نقطة لحركته (شكل ٦٣ - ٢) بالنقطة الميتة العليا (ن.م.ع = Top Dead Centre = T.D.C.). كما يسمى موضعه في أدنى نقطة لحركته (شكل ٦٣ - ٣) بالنقطة الميتة السفلى (ن.م.س = Bottom Dead Centre = B.D.C.). ويتحرك رأس الكباس بين هاتين النقطتين جيئة وذهابا. وتسمى المسافة من النقطة الميتة العليا إلى



٦٣ - ٢ تمثيل تخطيطي لوضع الكباس في ن.م.ع
٦٣ - ٣ تمثيل تخطيطي لوضع الكباس في ن.م.س



٦٣ - ١ تركيب محرك أوتو رباعي الأشواط

النقطة الميتة السفلى بالشوط. أما الحجم الذي يجتازه الكباس أثناء حركته في الشوط الواحد فيسمى بالحجم الشوطي (حجم الإزاحة)، بينما يطلق على الحيز المحصور بين رأس الكباس وهو في ن.م.ع.، وبين رأس الأسطوانات إسم حيز الخلوص أو حيز الانضغاط.

ويسمح صماما الدخول والخروج بدخول مخلوط الوقود والهواء (الشحنة) إلى الأسطوانة وخروج الغازات منها، في التوقيت الصحيح. وتستمد الصمامات حركتها عادة من عمود المرفق، عن طريق الرافعة المتأرجحة والأصبع الغماز وأذرع الدفع وعمود الكامات (الحدبات). ويتم خلط الوقود والهواء في المكربن بنسبة معينة. وتقوم شمعة الإشعال بإشعال هذا الخليط في التوقيت الصحيح.

الملخص:

- محركات المركبات الآلية هي محركات احتراق داخلي.
  وهي تقسم إلى محركات أوتو ومحركات ديزل تبعا لنوع الإشعال، كما تقسم إلى محركات ثنائية الشوط وأخرى رباعية الأشواط تبعا لطريقة التشغيل.
- تتكون المحركات رباعية الأشواط من الأجزاء الرئيسية التالية:
  الأسطوانة ورأس الأسطوانات والكباس ومسمار الكباس وذراع التوصيل وعمود المرفق والصمامات مع مجموعة تحريكها والمكربن ودائرة الإشعال.
- تسمى المسافة التي يتحركها الكباس من (ن.م.ع) إلى (ن.م.س) بالشوط، أما حجم الحيز الذي يقطعه الكباس أثناء حركته من (ن.م.ع.) إلى (ن.م.س) فيسمى بالحجم الشوطي (حجم الإزاحة).

أسئلة:

١ - ما الفرق بين طريقة عمل محركات الاحتراق الداخلي والمحركات البخارية؟
٢ - أذكر الأجزاء الرئيسية لمحرك أوتو رباعي الأشواط.
٣ - ما معنى كلمة شوط؟
٤ - ما هو إسم الحيز الواقع بين رأس الكباس في ن.م.ع ورأس الأسطوانات؟

٤ - ١ - ٢ طريقة عمل المحرك رباعي الأشواط:

تتم دورة المحرك رباعي الأشواط في دورتين لعمود مرفق المحرك. وتتكون كل دورة من أربع عمليات مختلفة تسمى كل واحدة منها شوطا. ويستغرق كل شوط من الأشواط الأربعة زمنا مختلفا، بينما تكون المسافة التي يقطعها الكباس من (ن.م.ع) إلى (ن.م.س) أثناء الشوط واحدة في جميع الحالات. وتحدث أثناء الأشواط الأربعة العمليات التالية:

٤ - ١ - ٢ - ١ شوط المص (السحب): يجب أثناء شوط المص إمتلاء حيز الأسطوانة بالكمية الصحيحة من خليط الوقود والهواء. وتعتمد قدرة المحرك على الكفاية الحجمية (جودة الامتلاء).

عملية المص (شكل ٦٤ - ١):

يتحرك الكباس أثناء شوط المص (السحب) من النقطة الميتة العليا متجها إلى أسفل. ويكون صمام الدخول مفتوحا، بينما يكون صمام الخروج مغلقا. ويبلغ الضغط الناشئ في الحيز الموجود أعلى الكباس - والناجم عن حركته السريعة إلى أسفل - من 0,8 bar إلى 0,9 bar. وهو أقل من الضغط الجوي بمقدار يتراوح بين 0,1 bar و 0,2 bar. ونتيجة للضغط المنخفض، يسري خليط الوقود والهواء في الأسطوانة عن طريق أنبوب المص بسرعة قد تفوق 100 m/s.

زمن شوط المص (السحب): يفتح صمام الدخول عند زاوية تتراوح بين 10° و 30° قبل (ن.م.ع.) – أي عندما يقع مسمار عمود المرفق في زاوية تتراوح بين 10° و 30° قبل (ن.م.ع.) – ويغلق الصمام عند زاوية تختلف من 40° إلى 60° بعد (ن.م.س.)، ونتيجة لقوى القصور الذاتي للغازات سريعة الاندفاع إلى داخل الأسطوانة، يستمر تدفقها في الأسطوانة أيضا أثناء تحرك الكباس إلى أعلى. ولذلك يظل صمام الدخول مفتوحا حتى زاوية تختلف من 230° إلى 260° من درجات عمود المرفق. وهذا يعني أن عملية المص (السحب) تكون أطول بكثير من شوط واحد. وبالرغم من ذلك فإن زمن دخول الشحنة يكون قصيرا جدا، كما يبين المثال التالي: لقطع شوط واحد يتم أثناء نصف دورة محرك سرعة دورانه 4500 r.p.m. أو ما يعادل 75 r.p.s.، يحتاج الكباس فيه إلى زمن قدره $\frac{1}{150}$ s لعمود المرفق (180°)، وهذا يعني أن الزمن اللازم لزاوية عمود مرفق مقدارها 250° (زمن فتح) هو: $\frac{1}{150} \cdot \frac{250}{180} = \frac{1}{108}\,s \approx \frac{1}{100}\,s$

ولكي يتضح قصر هذا الزمن، يجب أن يقارن بزمن إغلاق فتحة عدسة جهاز تصوير ضبطت عند زمن تعريض قدره $\frac{1}{100}$ s.

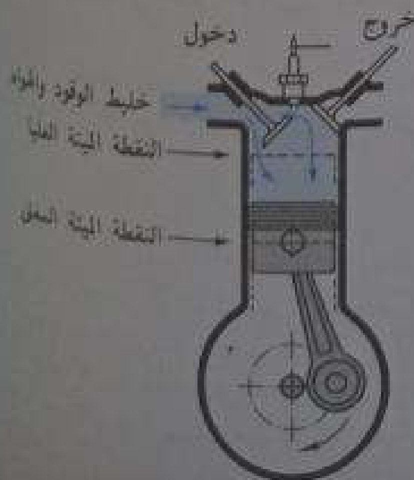
شروط الكفاية الحجمية (جودة الامتلاء)

- توفر قنوات (ممرات) دخول مناسبة: يجب ألا تكون هناك إعاقة كبيرة للهواء المار بسرعة عالية في أنبوب المص، ولذلك فإن هذا الأنبوب يجب أن يكون متسعا، قصيرا، قليل الانحناء وأملس الجدران قدر الإمكان.
- وجود صمامات كبيرة: يركب أكثر من صمام تحت ظروف معينة. ويجب أن تفتح الصمامات باتساع كاف ولمدة طويلة.
- ترتيب مناسب للمكربنات (الكاربيراتيرات): تزود المحركات عالية التحميل أحيانا بمكربنين أو أكثر.
- ضغط هواء عال: يؤدي ازدياد الارتفاع أثناء القيادة في الجبال مثلا، إلى انخفاض كثافة الهواء، مما يؤدي بدوره إلى انخفاض الكفاية الحجمية نتيجة سحب كمية أقل من الهواء.
- درجة حرارة هواء منخفضة: تكون كثافة الهواء الساخن صغيرة، وهذا يؤدي بالتالي إلى انخفاض الكفاية الحجمية.
- شكل مناسب لغرفة الاحتراق: تمتلئ غرفة الاحتراق نصف الكروية بشكل أفضل من غرفة الاحتراق المتعرجة وهي لذلك ذات كفاية حجمية أفضل.
- إحكام (منع تسرب) أجزاء مجموعة المص والسحب: لكي لا يُسحب هواء غير لازم، يجب أن تكون الأجزاء التالية ذات إحكام منع تسرب جيد وهي: الأسطوانة ورأس الأسطوانات والصمامات والكباس وشمعة الأشعال وأنبوب السحب (المص).

الشحن: لا يكفي الزمن المخصص لعملية السحب، لكي تمتلئ الأسطوانة تماما بشحنة نقية، وخاصة في المحركات سريعة الدوران. ويتم تغذية الأسطوانة بالهواء بواسطة شحان يدفع الهواء فيها بضغط زائد مؤديا بذلك إلى تحسين الامتلاء. ولقد استعملت قبل الحرب العالمية الثانية شحانات تدار ميكانيكيا من المحرك وتستهلك جزءا من قدرته في محركات السيارات الرياضية وسيارات السباق.

تم استبدال الشحانات الميكانيكية حاليا بأخرى توربينية (أنظر صفحة ٧٠). وتتولد القدرة اللازمة لإدارتها من طاقة غازات عادم المحرك، التي تفقد عادة في حالة عدم الاستفادة منها.

الملخص:
- يجب امتلاء الأسطوانة جيدا بخليط نقي من الوقود والهواء خلال شوط المص (السحب).
- يكون صمام الدخول (الشحن) مفتوحا أثناء ذلك بينما يكون صمام الخروج (العادم) مغلقا.
- يتحرك الكباس من ن.م.ع. إلى أسفل.
- يتدفق خليط الهواء والوقود بسرعة عالية في الأسطوانة نتيجة للضغط المنخفض الموجود فيها.
- لا تمتلئ الأسطوانة تماما بغازات نقية.
- يفتح صمام الدخول قبل ن.م.ع. ويغلق بعد ن.م.س.
- يمتد شوط المص على مدى زاوية عمود مرفق مقدارها نحو 230° حتى 260°.
- يتحدد الزمن المتاح لعملية المص عند السرعات العالية بحوالي $\frac{1}{100}$ s فقط.
- يمكن التوصل إلى امتلاء جيد (كفاية حجمية) في الأسطوانة عندما تتوفر قنوات مناسبة لدخول الشحنة وعندما تكون فتحات الصمامات كبيرة بقدر كاف، ويكون وضع المكربن مناسبا، وكذلك عندما يكون ضغط الهواء عاليا وتكون درجة حرارته منخفضة، وأخيرا عندما يكون شكل غرفة الاحتراق ملائما ويكون إحكام مجموعة المص لمنع التسرب جيدا.



٦١ – ١ شوط المص وفيه يتحرك الكباس من ن.م.ع. إلى ن.م.س.، ويسحب في نفس الوقت خليط الوقود والهواء.

أسئلة :

١ - ماهو الغرض من عملية المص (السحب) ؟
٢ - إشرح مايحدث أثناء شوط المص (السحب) .
٣ - ماهو الزمن الذي يستغرقه شوط المص (السحب) ؟
٤ - في أي وضع تكون الصمامات أثناء شوط المص (السحب) ؟
٥ - كيف يمكن التوصل إلى امتلاء جيد للأسطوانة ؟
٦ - لماذا يغلق صمام الدخول بعد ن.م.س. ؟



٦٥ - ١ شوط الانضغاط . ينضغط خليط الوقود والهواء مع حركة الكباس إلى أعلى .

٤ - ١ - ٢ - ٢ شوط الانضغاط

ينضغط خليط الهواء والوقود في حيز صغير أثناء شوط الانضغاط .

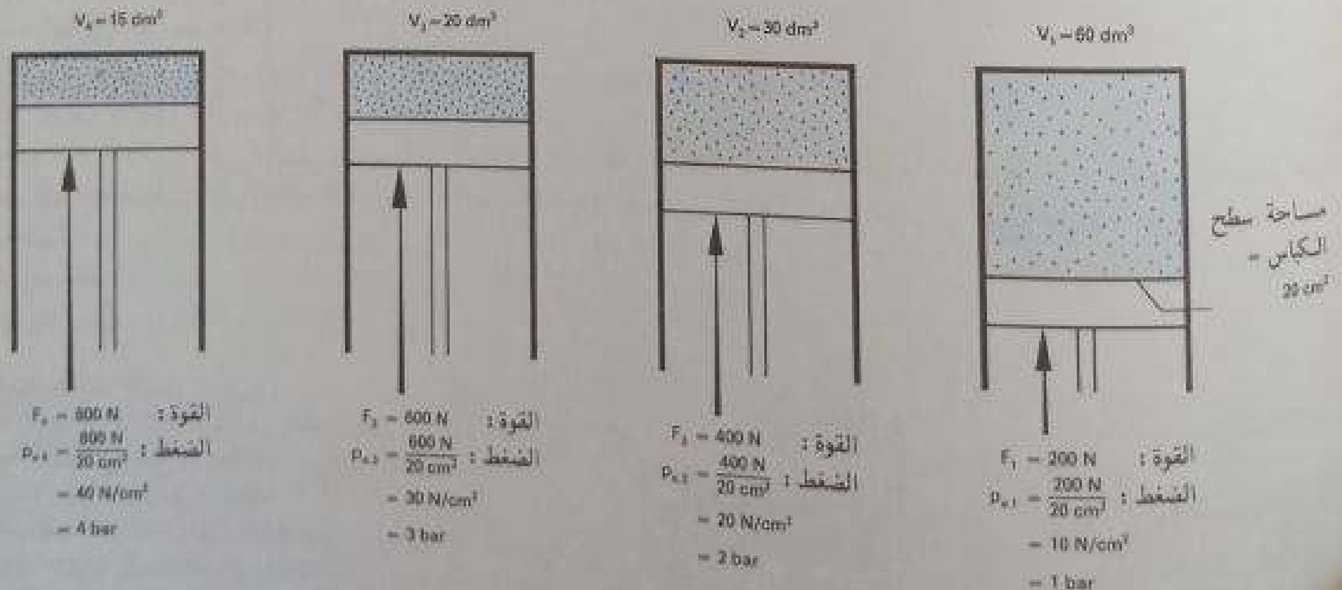
عملية الانضغاط (شكل ٦٥ - ١) . يصل الكباس عند نهاية شوط المص (السحب) الى ن.م.س. ، ويغلق صمام الدخول . حينئذ يقع خليط الوقود والهواء فوق الكباس . يتحرك الكباس الى أعلى ويضغط الخليط (شكل ٦٥ - ٢) . ومعنى هذا أنه لو تمت عملية الانضغاط عند ثبات درجة الحرارة وضغط الغاز حتى يبلغ $\frac{1}{8}$ حجمه ، لارتفع ضغطه إلى 8 bar . إلا أنه في الواقع يرتفع إلى أكثر من ذلك ويبلغ حوالي 12 bar إلى 14 bar نتيجة ارتفاع درجة حرارة الغاز .

الغرض من الانضغاط :

- تتبخر جسيمات (جزيئات) الوقود التي تمت تذريتها في المكربن ، نتيجة لارتفاع درجة الحرارة في الأسطوانة بسبب ضغط الانضغاط .
- يختلط الوقود مع الهواء بشكل أفضل نتيجة لحركة الدوامية للغازات أثناء الانضغاط .
- تصغر مسافات الاحتراق .
- تتقارب جسيمات الوقود والهواء من بعضها ، فيتم الاحتراق بسرعة .
- تزداد قدرة المحرك بازدياد ضغط الانضغاط .

نسبة الانضغاط : وهي تعطى بالنسبة بين حجم الحيز فوق الكباس قبل الانضغاط إلى حجمه بعد الانضغاط .

$$\text{نسبة الانضغاط} = \frac{\text{حجم الإزاحة + حجم الخلوص}}{\text{حجم الخلوص}}$$



٦٥ - ٢ يتغير الضغط والحجم لكمية غاز في حيز مغلق بتناسب عكسي، بشرط ثبات درجة الحرارة.

وغالبا ما تتراوح نسبة الانضغاط في المحركات الحديثة بين (1 : 8) و (1 : 10)، وتكون هذه النسبة أعلى في المحركات المجهدة بدرجة أكبر. وقد بلغت نسبة الانضغاط لأول محرك لدايملر (1 : 2,5). أما أول محرك لبنز (Benz) فكانت نسبة انضغاطه (1 : 3,5). وترتفع درجة حرارة الشحنة في نهاية شوط الانضغاط لتصل إلى 400°C حتى حوالي 600°C، ويرتفع الضغط ليصل إلى 12 bar حتى 18 bar فوق الضغط الجوي. وبزيادة نسبة الانضغاط يرتفع الضغط في الأسطوانة وبالتالي تزداد قدرة المحرك. ويحدد نوع الوقود المستعمل الحد الأقصى لنسبة الانضغاط.

الدق (القرقعة) Knocking: لا يمكن للمحرك أن يعطي أكبر قدرة له، إلا إذا تم الإشعال في التوقيت الصحيح، أي بدون تقديم أو تأخير. وغالبا ما يحدث الإشعال المبكر نتيجة لما يلي:

- توهج شمعة الإشعال، نتيجة لانخفاض السعة الحرارية لشمعة الإشعال.
- وجود رواسب كربونية متوهجة.
- وجود رواسب متوهجة من إضافات البنزين (مثل الرصاص).
- عدم دقة ضبط الإشعال أي توقيته.
- وجود إشعال ذاتي لخليط الوقود والهواء (دق الوقود).

ويمكن إزالة العيوب الأربعة الأولى بسهولة، أما العيب الأخير فإنه يحد من قدرة المحرك، ما لم يتفادى حدوثه باستعمال وقود مقاوم للدق.

والعوامل التي تساعد على حدوث الدق هي:

- ارتفاع نسبة الانضغاط.
- ارتفاع درجة حرارة المحرك.
- زيادة تحميل المحرك عند سرعات دوران منخفضة (لذلك يجب إعادة تعشيق السرعات إلى السرعة المناسبة).
- وجود تعرج في غرف الاحتراق، كما هو الحال في تلك التي كانت تستعمل سابقا في المحركات ذات التحكم السفلي (شكل ٦٦-١).

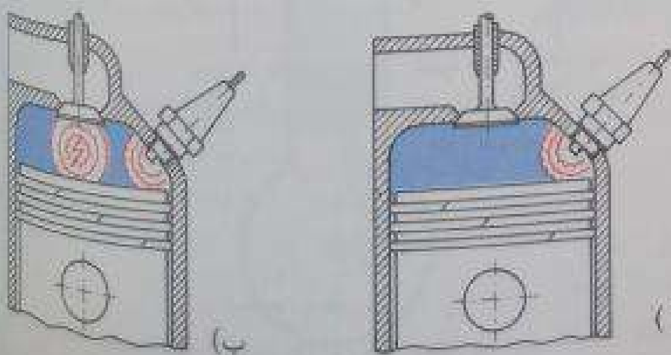
يجب تفادي حدوث الدق لأنه يقلل من قدرة وعمر المحرك. وتسمى المحركات التي لا يحدث فيها دق عند التشغيل، بمحركات مقاومة للدق. ويدل رقم الأوكتين للوقود (Octane Number: ON) على مدى مقاومته للدق. ويستخدم محرك اختبار خاص ذو نسب انضغاط متغيرة لتعيين هذا الرقم. كما يستعمل كل من الهبتين (Heptane) والأيسوأوكتين (Iso-Octane) كوقود قياسي حيث أن رقم الأوكتين للأول هو صفر، لأنه عديم المقاومة للدق، بينما يبلغ رقم الأوكتين للثاني 100؛ لأنه أشد أنواع الوقود مقاومة للدق.

ويتم تعيين رقم الأوكتين على الوجه التالي: يدار محرك الاختبار أولا بالوقود المراد اختباره ثم تزاد نسبة الانضغاط في المحرك إلى أن يبدأ حدوث الدق. بعد ذلك يدار المحرك باستعمال خليط من الهبتين والأيسوأوكتين وتغير نسبة مزج هذين الوقودين إلى أن يبدأ حدوث الدق في المحرك، تحت نفس الظروف. وتكون النسبة المئوية للأيسوأوكتين في هذا الخليط مقياسا لمقاومة الدق. فمثلا الوقود الذي له نفس مقاومة خليط مؤلف من 90% أيسوأوكتين و 10% هبتين يكون رقمه الأوكتيني مساويا 90. وطبقا للمواصفات القياسية DIN 51600 يجب ألا يقل رقم الأوكتين للبنزين العادي عن 92 وللبنزين الممتاز أي السوبر عن 98. ويجب استعمال البنزين الممتاز في المحركات عالية التحميل.

رفع رقم الأوكتين: يمكن رفع رقم الأوكتين للوقود بالطرق الآتية:

- إضافة البنزول (لم يعد متبعا)
- إضافة رابع إيثيل الرصاص أو رابع ميثيل الرصاص (سائل عديم اللون وسام جدا)
- إضافة بنزين بلاتيني (بنزين به بلاتين كعامل مساعد)

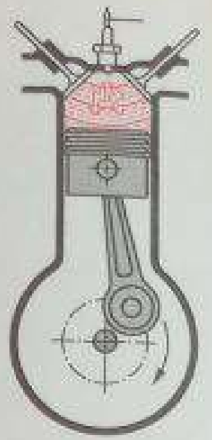
وتسمى هذه المواد – أي البنزول ورابع إيثيل الرصاص – بموانع الدق. وقد تم في الآونة الأخيرة تحديد النسبة المضافة من الرصاص إلى البنزين في معظم الدول الأوروبية، ويجب ألا تتعدى هذه النسبة حاليا 0,15 جرام في اللتر الواحد، لتقليل نسبة تلوث الهواء الجوي.



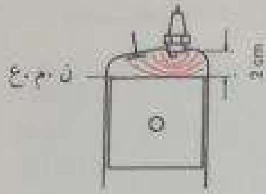
٦٦-١ كيفية حدوث الإشعال الذاتي.

أ) يبدأ الاحتراق بالشرارة المتولدة من شمعة الإشعال. وتتقدم (تنتشر) جبهة اللهب في جميع الاتجاهات. ويزداد ضغط الغازات نتيجة لارتفاع درجة الحرارة في الأسطوانة.

ب) تشتعل بقايا الغازات – التي لم تحترق بعد – اشتعالا ذاتيا عند بلوغ درجة حرارتها إلى درجة حرارة الاشتعال. ويتم هذا الاحتراق بصورة فجائية. وتنشأ موجة ضغط قوية تسمع على هيئة دق. وتصل موجة الضغط إلى سطح الكباس قبل ن.م.ع. وتكبحه. وبذلك تقل قدرة المحرك الذي يجهد بشدة نتيجة للضغوط العالية.



٦٧ - ١ شوط القدرة. يُضغط الكباس إلى أسفل بواسطة ضغط الغازات، ويعطي شغلا إلى عمود المرفق عن طريق ذراع التوصيل.



٦٧ - ٢ تمثيل تخطيطي لحيز الانضغاط. ويبلغ طول مسار جبهة اللهب من شمعة الإشعال إلى الكباس 2 cm.

الملخص:

- وظائف شوط الانضغاط هي:
توجيه (تحريك) الكباس للوضع الصحيح وتبخير الوقود المذرى، والخلط الجيد للوقود بالهواء، وتحقيق مسافات احتراق قصيرة، وكذلك تقارب جزيئات الوقود والهواء من بعضها.
- نسبة الانضغاط = $\frac{\text{حجم الإزاحة + حجم الخلوص}}{\text{حجم الخلوص}}$
- أما العوامل المساعدة على حدوث الدق فهي: الانضغاط العالي وارتفاع درجة حرارة المحرك وارتفاع تحميل المحرك عند سرعات الدوران المنخفضة، وأخيرا وجود تعرجات في غرف الاحتراق.
- تقاس مقاومة الدق برقم الأوكتين (ON). ويستخدم كل من الهبتين والأيسوأوكتين كوقود قياسي.
- ويعني رقم الأوكتين 92 لوقود ما، أن لهذا الوقود مقاومة دق تعادل المقاومة التي لخليط مؤلف من 92% أيسوأوكتين و 8% هبتين.
- موانع الدق هي البنزول ورابع إيثيل الرصاص ورابع ميثيل الرصاص.

أسئلة:

١ - ما هي وظائف شوط الانضغاط؟
٢ - ما معنى نسبة الانضغاط؟
٣ - لماذا يرتفع الضغط في الأسطوانة بمعدل أكبر من معدل زيادة نسبة الانضغاط؟
٤ - ما هي القيم التقريبية لدرجة الحرارة وضغط الانضغاط عند نهاية شوط الانضغاط؟
٥ - ما هي مسببات الإشعال المبكر؟
٦ - ما هي مسببات الدق؟
٧ - ما هو مدلول رقم الأوكتين؟
٨ - ما هو المقصود بموانع الدق؟

٤ - ١ - ٢ - ٣ شوط القدرة (شوط الشغل)

يبدأ شوط القدرة بعملية إشعال الخليط، التي تتم في محركات أوتو عن طريق الإشعال الخارجي. وهذا يعني تولد شرارة بواسطة شمعة الإشعال في اللحظة الصحيحة. وتؤدي هذه إلى إشعال الخليط.

تطور العملية (شكل ٦٧ - ١): يكون صماما الدخول والخروج مغلقين في نهاية شوط الانضغاط. ويقترب الكباس من النقطة الميتة العليا. ويكون خليط الوقود والهواء المنضغط موجودا آنذاك في أعلى الكباس. يشتعل الخليط قبل وصول الكباس إلى النقطة الميتة العليا بفترة قصيرة. وتبدأ جبهة اللهب من شمعة الإشعال وتنتشر في جميع الاتجاهات، بشكل مشابه لانتشار الحلقات الناتجة عن قذف حجر في ماء ساكن. وتبلغ سرعة انتشار جبهة اللهب حوالي من 20 m/s إلى 25 m/s عند الحمل الكامل، وهي تساوي تقريبا 10 m/s في حالة الحمل الجزئي المنخفض. وتعتمد سرعة الانتشار على تكوين الخليط وحركته الدوامية.

تصل درجة الحرارة الناتجة عن الاحتراق عند شمعة الإشعال إلى ما يفوق 2000°C. وبالرغم من ارتفاع درجة حرارة الغازات، إلا أنها لا تتمكن من التمدد، إذ تمنعها جدران غرفة الاحتراق من ذلك. ويؤدي هذا إلى ارتفاع ضغط الغازات من 12 bar إلى 18 bar عند نهاية شوط الانضغاط، حتى يصل إلى مداه الأقصى الذي يختلف من 40 bar إلى 60 bar. وتؤثر الغازات بضغط مرتفع تتراوح قوته بين 20 kN و 30 kN على سطح كباس قطره 80 mm، وتعادل هذه القوة وزن سيارتي ركوب متوسطتي الحجم. وتدفع الغازات الكباس إلى أسفل بهذه القوة الكبيرة، ليتحرك في خط مستقيم. ثم تتحول هذه الحركة المستقيمة إلى حركة دورانية بواسطة ذراع التوصيل وعمود المرفق، وتنقل القدرة المولدة إلى تروس الإدارة. وبحركة الكباس إلى أسفل ينخفض كل من ضغط الغازات ودرجة حرارتها.

تتحول الطاقة الحرارية للوقود إلى طاقة حركية خلال شوط القدرة. ويبين المخطط التالي مراحل هذا التحول:

الطاقة الحرارية للوقود
▼
احتراق
▼
توليد حرارة
▼
تمدد حراري للغازات
▼
ارتفاع الضغط
▼
قوة مؤثرة على الكباس
▼
حركة الكباس في خط مستقيم
▼
حركة دورانية لعمود المرفق
▼
بذل القدرة (طاقة حركة)

الإشعال المبكر والإشعال المتأخر: يجب أن تصل جبهة اللهب إلى الكباس لحظة مغادرته النقطة الميتة العليا. ويتضح مدى العلاقة بين توقيت الإشعال وسرعة دوران المحرك من المثالين التاليين (شكل ٦٧ – ٢).

مثال ١: يدور محرك بسرعة قدرها 1200 r.p.m. وتنتشر جبهة اللهب بسرعة 10 m/s. والمطلوب حساب التوقيت الزاوي لحدوث الشرارة.

الحل: الزمن اللازم لكي تقطع جبهة اللهب المسافة بين شمعة الإشعال والكباس وقدرها 2 cm:

$\frac{2\ \text{cm}}{1000\ \text{cm/s}} = \frac{1}{500}\ \text{s}$.

عدد دورات عمود المرفق في الثانية الواحدة: 20 دورة $\left(\frac{1200}{60} = 20\right)$، وهي تعادل 7200 درجة على عمود المرفق. $(20 \cdot 360° = 7200°)$.

زاوية دوران عمود المرفق في زمن قدره $\frac{1}{500}$ s: 14,4° $\left(\frac{7\,200}{500} = 14{,}4°\right)$، ومنه ينتج أنه يجب حدوث الشرارة عند زاوية 14,4° قبل النقطة الميتة العليا.

مثال ٢: يدور نفس المحرك عند الحمل الكامل بسرعة 4 800 r.p.m. وتنتشر جبهة اللهب بسرعة 20 m/s. والمطلوب حساب التوقيت الزاوي لانطلاق الشرارة.

الحل: الزمن اللازم لكي تقطع جبهة اللهب المسافة بين شمعة الإشعال والكباس: $\frac{2\ \text{cm}}{2\,000\ \text{cm/s}} = \frac{1}{1000}\ \text{s}$

عدد دورات عمود المرفق في الثانية الواحدة: 80 دورة $\left(\frac{4\,800}{60} = 80\ \text{r.p.s.}\right)$، وبالتالي 28 800° درجة على عمود المرفق $(80 \cdot 360° = 28\,800°)$.

وفي زمن قدره $\frac{1}{1000}$ s يدور عمود المرفق زاوية مقدارها 28,8° $= \frac{28\,800}{1000}$، ومنه ينتج أنه يجب حدوث الشرارة 28,8° قبل النقطة الميتة العليا.

يسمى الإشعال قبل النقطة الميتة العليا بالإشعال المبكر، وبالعكس فيسمى الإشعال الذي يحدث بعدها بالإشعال المتأخر. ويتبين من المسألتين السابقتين أنه كلما زادت سرعة دوران المحرك، وجب تقديم الإشعال وبالعكس، كلما نقصت سرعة دورانه وجب تأخير الإشعال. ويتم الإشعال عادة بين درجة 0° ودرجة 40° قبل النقطة الميتة العليا. كما يتم تحديد توقيت الإشعال تلقائيا بواسطة منظم يعمل بالقوة الطاردة المركزية. ويتم تقديم توقيت الإشعال إلى حوالي 10° بعد النقطة الميتة العليا في حالة اللاحمل، لانقاص كمية غاز أول أكسيد الكربون.

عملية الاحتراق في المحرك: يتكون الوقود من الكربون والهيدروجين ويؤخذ الأكسيجين اللازم للاحتراق من الهواء الجوي، وإذا توفرت كمية كافية من الأكسيجين، يحترق الكربون مع جزئين من الأكسيجين مكونا ثاني أكسيد الكربون طبقا للتفاعل التالي: (احتراق كامل)



$C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{heat}$ (حرارة)

وعندما لا يتوافر الأكسيجين بالقدر الكافي فإن الكربون يحترق مع جزء أكسيجين واحد مكونا أول أكسيد الكربون: (احتراق غير كامل)



$$2C + O_2 \rightarrow 2CO + heat \text{ (حرارة)}$$

وغاز أول أكسيد الكربون (CO) هو غاز سام جدا. ويزيد من خطورته أنه عديم اللون والرائحة. وتحتوي غازات العادم لمحركات الاحتراق الداخلي على أول أكسيد الكربون. ولذلك لا يسمح بإدارة المحركات لمدة طويلة في أماكن مغلقة بدون التخلص من غازات العادم عن طريق إخراجها إلى الجو الخارجي بواسطة خرطوم.

وفي حالات النقص الشديد في الأكسيجين، قد لا يستطيع جزء من الكربون الحصول على الأكسيجين مطلقا فيبقى بدون احتراق على شكل سناج. ويلاحظ تكوين السناج غالبا في عادم محركات الديزل.

أما هيدروجين الوقود فإنه يتحد مع الأكسيجين ليكون بخار الماء:



$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + heat \text{ (حرارة)}$$

ويخرج الماء عادة كبخار ماء غير مرئي. ويبرد بخار الماء بشدة في الشتاء فيتكثف في أنبوب العادم ليتحول إلى ضباب تسهل رؤيته في غازات العادم.

خليط الوقود والهواء: للاحتراق الكامل يلزم 15 kg من الهواء لكل 1 kg من الوقود، ويحقق المحرك أحسن قدرة له عند نسبة الخلط هذه. ويمكن تقليل استهلاك الوقود بخلط 16 kg هواء مع 1 kg وقود (خليط فقير)، إلا أنه في مثل هذه الحالة يترسب جزء من الوقود على جدران الأسطوانة عند تشغيل المحرك البارد، فيضعف باقي الخليط ويصبح غير قابل للاشتعال. وبرفع نسبة الوقود في الخليط إلى 1 kg وقود لكل 13 kg هواء (خليط مفرط الغنى) يصبح الخليط قابلا للاشتعال. ويتم تزويد الخليط بالوقود بواسطة تركيبة خاصة موجودة في المكربن.

الملخص:
- يبدأ شوط القدرة (الشغل) بحدوث الشرارة.
- تبلغ سرعة احتراق خليط الوقود والهواء عند الحمل الكامل 20 m/s وعند الأحمال الجزئية المنخفضة حوالي 10 m/s.
- تضغط الغازات على الكباس بقوة تتراوح بين 20 kN و 30 kN، في محركات السيارات متوسطة الحجم.
- تتحول الطاقة الحرارية للوقود إلى طاقة حركية خلال شوط القدرة.
- يجب تقديم الإشعال (الشرارة) عند سرعات المحرك المرتفعة، وبالعكس يجب تأخير الإشعال (الشرارة) عند السرعات المنخفضة.
- تفاعلات الاحتراق: (احتراق كامل) $C + O_2 \rightarrow CO_2$
  احتراق غير كامل) $2C + O_2 \rightarrow 2CO$
  (بخار ماء) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
- يلزم حوالي 15 kg هواء لكي يحترق 1 kg وقود احتراقا كاملا.

أسئلة:

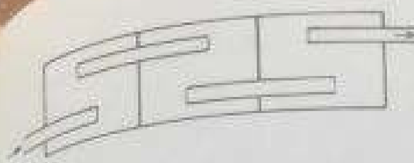
١ - كم تبلغ درجات الحرارة عند شمعة الإشعال؟
٢ - ما هي قيمة القوة المؤثرة على كباس قطره 80 mm في شوط القدرة؟
٣ - إشرح العملية الفيزيائية التي تؤدي إلى حدوث ارتفاع كبير في الضغط عند الاحتراق.
٤ - لماذا يجب تغيير توقيت الإشعال تبعا لسرعة المحرك؟
٥ - ما هي التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الأسطوانة؟
٦ - لماذا يتكوّن السناج؟
٧ - أذكر نسب خلط الهواء والوقود لظروف السير المختلفة.

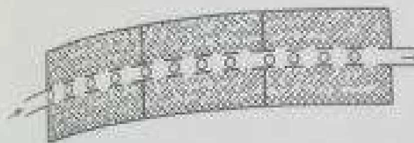
٤ - ١ - ٢ - ٤ شوط العادم

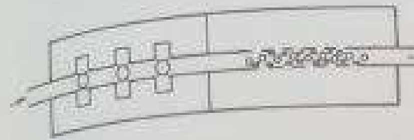
تطرد غازات الاحتراق من الأسطوانة أثناء شوط العادم (شكل ٧٠ - ١)، إلا أنه لا يمكن التخلص منها تماما، إذ يبقى جزء من هذه الغازات داخل حيز الخلوص.

مراحل عملية الطرد: يبدأ شوط العادم بفتح صمام الخروج، قبل وصول الكباس إلى النقطة الميتة السفلى (عند زاوية تتراوح بين 40° و 60° قبل النقطة الميتة السفلى). ويبلغ الضغط في الأسطوانة حينئذ بضعة ضغوط جوية. ويؤدي هذا الارتفاع في الضغط عن الضغط الجوي إلى اندفاع غازات الاحتراق بسرعة عالية عبر صمام الخروج، عند فتح هذا الصمام. (للمقارنة، يمكن تصور اندفاع الهواء بسرعة عالية من إطار سيارة، يبلغ الضغط فيه حوالي 2 bar، عندما يحدث به ثقب له نفس اتساع مقطع صمام الخروج). وتخرج الغازات من الصمام بسرعة تفوق سرعة الصوت، مسببة موجة ضغط قوية كان من الممكن سماعها لولا خفضها بواسطة خافض الصوت.

وينشأ ضغط زائد في الأسطوانة عند تحرك الكباس إلى أعلى، ويقدر بحوالي 0,05 bar إلى 0,1 bar، ويغلق صمام الخروج عند حوالي 5° إلى 20° بعد النقطة الميتة العليا. ويظل الصمامان - أي صمام الخروج وصمام الدخول - مفتوحين معا لفترة معينة، يطلق عليها فترة «تراكب الصمامات» (Valve Overlap). وخلال هذه الفترة تجري عملية مص (سحب) الشحنة النقية (الحرة) إلى داخل الأسطوانة، والتي تتم نتيجة لانخفاض الضغط الناشئ عن خروج غازات الاحتراق منها بسرعة عالية. ولا تصل الشحنة النقية إلى صمام الخروج.









٧٠ - ١ شوط العادم. يدفع الكباس المتحرك إلى أعلى غازات الاحتراق، فتخرج هذه عن طريق صمام الخروج.

٧٠ - ٢ خافض صوت انعكاسي. يتم خفض قمم موجات الضغط بمرور الغازات خلال غرف متتالية.

٧٠ - ٣ خافض صوت امتصاصي. يكون أنبوب العادم المثقب محاطا بطبقة خافضة للصوت (غالبا ما تكون من الحرير الصخري (أسبستوس) أو من صوف الخبث المعدني) والتي من شأنها خفض وتسوية (توهين) موجات الضغط، وتكون مقاومة تدفق موجات الضغط هنا ضئيلة.

٧٠ - ٤ خافض صوت بأنابيب تفرعية رنانة. يتم خفض قمم الضغط بواسطة أنابيب متفرعة من الجوانب.

غازات العادم: وهي تتكون في غالبيتها من النيتروجين، الذي يحتوي عليه الهواء بنسبة تبلغ نحو 78%، ولا يشترك بدوره في الاحتراق. ويبين الجدول التالي النسب المئوية لتركيب غازات العادم لمحرك أوتو (OM) ولمحرك ديزل (DM) عند اللاحمل وعند الحمل الجزئي وعند الحمل الكامل.

مكونات غازات العادم	حالة اللاحمل		حمل جزئي		حمل كامل	
	أوتو OM	ديزل DM	أوتو OM	ديزل DM	أوتو OM	ديزل DM
CO_2	من 6,5 إلى 8	3,5	من 7 إلى 11	5,5	من 12 إلى 13	7
H_2O	من 7 إلى 10	3,5	من 9 إلى 11	5	من 10 إلى 11	5
O_2	من 1 إلى 1,5	16	من 0,5 إلى 2	12	من 0,1 إلى 0,4	10
CO	حتى 4,5	حتى 0,2	من 1 إلى 4	0,1	من 1 إلى 3	حتى 0,5
H_2	من 0,5 إلى 4	–	من 0,2 إلى 1	0,1	من 0,1 إلى 0,2	–
N_2	71	77	74	77	76	77

وتحتوي غازات العادم بجانب المكونات المدرجة في الجدول، على كميات ضئيلة من مواد ضارة بالصحة أهمها مواد هيدروكربونية وأكاسيد النيتروجين (NO, NO_2).

ويتبين من هذا الجدول أن غازات عادم محرك أوتو تحتوي على نسبة كبيرة من أول أكسيد الكربون (CO) في حالة اللاحمل وعند التحميل الجزئي أيضا. ويرجع ذلك إلى أن محرك أوتو يعمل عند اللاحمل بخليط غني. وعلى العكس يعمل محرك ديزل عند جميع الأحمال بخليط فقير (هواء زائد) - بافتراض الضبط السليم للمحرك. أما الماء الناتج من الاحتراق فيخرج معظمه مع غازات العادم كبخار ماء غير مرئي. إلا أنه عند درجات الحرارة المنخفضة تبرد غازات الاحتراق ويتكثف جزء من بخار الماء في مجموعة العادم نتيجة لذلك. ويكون جزء من الماء المتكثف مع آثار المركبات الكبريتية - التي تحتوي عليها غازات العادم - أحماضا تتسبب في تآكل أنبوب العادم من داخله. وعند احتراق لتر واحد من الوقود ينتج حوالي لتر واحد من الماء.

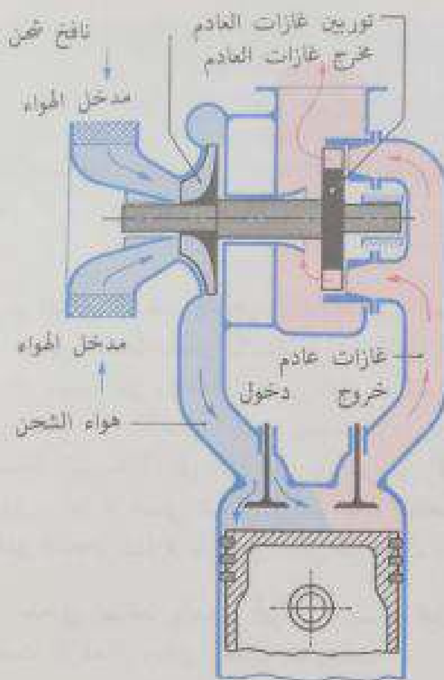
لون غازات العادم: يعتبر الضباب الأبيض في غازات العادم الذي يظهر عند تشغيل المحرك البارد - وكذلك في ظروف الجو البارد - أمرا طبيعيا. أما خروجه مع غازات عادم المحرك الدافئ وعند الظروف الجوية الدافئة، فيدل على تسرب المياه إلى داخل الأسطوانة. ويدل ظهور دخان أزرق في غازات العادم، على وجود زيت غير محترق يتسرب بسبب عدم إحكام حلقات الكباس لغرفة الاحتراق. أما الدخان الأسود في غازات العادم فيدل على أن خليط الوقود والهواء مفرط الغنى، بمعنى وجود نسبة عالية من الوقود فيه.

خافض صوت العادم (أشكال ٧٠ - ٢ إلى ٤). تخرج غازات العادم من الأسطوانة إلى الجو الخارجي عبر مشعب العادم وأنابيب العادم وخافض الصوت. ويجب تركيب خافض صوت في المركبات الآلية لكي لا ترتفع حدة الضوضاء عن المقرر (وتقاس بوحدة فون Phon). ويقل الحد الأقصى المقرر للموبيد والدراجات النارية (الموتوسيكلات) عنه لسيارات الركوب، لأن الموجات الصوتية العالية أكثر إزعاجا للأذن. ويجب ألا تتسبب خافضات الصوت في خفض قدرة المحرك قدر الإمكان. وتكون أنابيب العادم بالاشتراك مع خافض الصوت متوافقة بصفة خاصة مع ظروف التدفق في الأسطوانة في المحركات ثنائية الأشواط. فتؤدي إزالة خافض الصوت منها إلى خفض قدرة المحرك.

الشحان التوربيني: يفقد حوالي ثلث طاقة الوقود في غازات العادم. أما إذا استخدمت هذه الغازات في إدارة شحان توربيني (شكل ٧١ - ١)، فإنه يمكن الاستفادة من جزء من طاقتها لزيادة قدرة المحرك.

وتستعمل الشحانات التوربينية منذ فترة طويلة في محركات الديزل الكبيرة. ويتم حديثا تزويد محركات البنزين بشحانات توربينية. ويزود الشحان أسطوانة محرك الديزل بهواء نقي يزيد ضغطه بمقدار 0,3 bar عن الضغط الجوي، وبذلك ترتفع درجة امتلاء الأسطوانة

شحان توربيني لمحرك ديزل. تدير غازات العادم عجلة التوربينة وبالتالي الضاغط المثبت على نفس عمود التوربينة، والمحمول على محامل كريات. ويسحب الزيت اللازم لتزييت الشحان من دائرة تزييت المحرك.



أي كفايتها الحجمية، مما ينتج عنه زيادة قدرة المحرك بنسبة متوسطة قدرها حوالي 30%، كما يؤدي هذا إلى انقاص الاستهلاك النوعي للوقود أيضا بنحو 15%.

وتستعمل نفس شحانات محركات الديزل في محركات أوتو. وبسبب درجات الحرارة المرتفعة لغازات الاحتراق في محركات أوتو، فإنه يتم تبريدها في مجمع أنابيب التوربينة، وذلك قبل دخولها إلى ريش التوربينة.

ويركب الضاغط نصف القطري قبل المكربن، بحيث يزود المكربن بهواء مضغوط. ويلحم جسم مرشح الهواء لمنع تسرب الهواء المضغوط، كما يعمل في نفس الوقت كخزان هواء. ويقوم صمام تحكم بتقليل الضغط عندما يغلق صمام الخنق. ولولا هذا الصمام لتدفق الوقود عن طريق تجهيزة اللاحمل وتجهيزة التحويل الجانبي في أنبوب المص (السحب) وممر الأسطوانة. وتستعمل مضخة بنزين كهربائية لضخ الوقود في غرفة عوامة المكربن بضغط يزيد عن ضغط الشحن بمقدار 0,2 bar، لأن ضغط الهواء في غرفة عوامة المكربن يتغير بين الضغط الجوي وأكبر ضغط للشحن.

يؤدي الشحن إلى زيادة القدرة المستفادة من المحرك عند سرعات الدوران الكبيرة فقط. وتصل سرعة دوران التوربينة إلى 100 000 r.p.m. عند أعلى سرعة دوران للمحرك. وفي هذه الحالة يصل ضغط الشحن حتى 1 bar، بينما تزيد قدرة المحرك حتى 80% مع تقليل الاستهلاك النوعي للوقود.

تنقية غازات العادم: تعتبر ولاية كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية أول مقاطعة وضعت تعليمات لتحديد النسب المئوية المسموح بها من الغازات الضارة بالصحة والموجودة في غازات العادم (أول أكسيد الكربون CO ومواد هيدروكربونية C_mH_n وأكاسيد النتروجين NO_x). ووضعت بعد ذلك دول أخرى كثيرة تعليمات تحدد النسب المئوية المسموح بها من هذه المواد الضارة في غازات العادم.

الدولة	تاريخ سريان المفعول	في حالة الدوران البطيء CO بنسبة حجمية	في حالات التشغيل المختلفة ¹ C_mH_n	CO	NO_x
المجموعة الأوروبية	منذ ١ / ١ / ١٩٧٢	4,5	من 6,8 g إلى 10,9 g	من 80 g إلى 176 g	من 10 g إلى 16 g
الولايات المتحدة	١٩٧٦	–	1,5 g لكل ميل	15 g لكل ميل	3,1 g لكل ميل

وتهتم المصانع المنتجة للمركبات الآلية في معظم الدول الأوروبية بصفة خاصة بالتعليمات الصادرة من دول المجموعة الأوروبية والولايات المتحدة الأمريكية.

وتتولى ورش إصلاح المركبات الآلية المنتشرة في دول المجموعة الأوروبية اختبار وضبط نسبة أول أكسيد الكربون فقط في غازات العادم عند سرعة اللاحمل. فإذا كانت نسبته أقل من 4,5%، دلّ ذلك على سلامة المحرك. ويخضع الإنتاج من المركبات الآلية للقيم المسموح بها من هيئة (GLO) عند التشغيل (General License of Operation = GLO) وهي تعني (الترخيص العام للتشغيل طبقا لمواصفات الاختبار الأوروبية). ويجب في هذا الاختبار الالتزام بالقيود الموضوعة لمختلف حالات التشغيل في فترات زمنية محددة. ويرجع مجال التغير الكبير المسموح به لقيم (GLO)، إلى أخذ وزن المركبة في الاعتبار. وقد قسمت المركبات إلى تسع مجموعات حسب وزنها، وحدد لكل مجموعة الحد الأكبر المسموح به لكل من أول أكسيد الكربون (CO) والمركبات الهيدروكربونية (C_mH_n) وأكاسيد النتروجين (NO_x).

كذلك يتم اختبار تسرب الغازات خارج علبة المرفق، ويجب ألا تتعدى كمية المركبات الهيدروجينية في الغازات التي لم يسحبها المحرك من علبة المرفق نسبة 0,15% من الاستهلاك الكلي للوقود.

تجهيزات لتنقية غازات العادم (تخليصها من السموم):

- حقن البنزين. يمكن التحكم في كمية البنزين المحقون. وبذلك تقل نسبة أول أكسيد الكربون، مما ينتج عنه رفع القدرة بالإضافة إلى التوفير في الاستهلاك النوعي للوقود. وتستعمل هذه الطريقة بكثرة في الدول الأوروبية.
- استعمال مكربن محشن: تطورت صناعة المكربنات بدرجة كبيرة. وكثيراً ما يستعمل مكربنان بدلا من مكربن واحد، في كل محرك من المحركات ذات المكربنات، مما يجعل هذه المحركات مطابقة للتعليمات الأمريكية.
- استعمال موزع شرر ذو تحكم مزدوج يتم بالتفريغ الهوائي، ويمكن في هذا النوع من الموزعات تأخير الإشعال إلى ما بعد وضع التعادل عند سرعة اللاحمل وعند الحركة البطيئة للمركبة. ويؤدي هذا بدوره إلى تحسين الاحتراق وإتمامه.
- جهاز تنقية غازات العادم. ويستعمل في الولايات المتحدة الأمريكية غالبا كتجهيزة للاحتراق اللاحق (شكل ٧٣ – ١).

٧٢ - ١ تجهيزة احتراق لاحق. يتم إدخال هواء نقي في مشعب العادم - خلف صمام الخروج - بواسطة مضخة خاصة. إذ تسود في هذا الموضع درجات حرارة عالية ويخرج اللهب من فوهة صمام الخروج. ويساعد هذان العاملان على الاحتراق اللاحق. وعند التباطؤ المفاجئ، يفتح صمام خلط أنبوب توصيل إلى أنبوب السحب (المص) مؤديا إلى تدفق الهواء إليه. وينتج عن ذلك إضعاف نسبة الوقود إلى الهواء بالخليط.



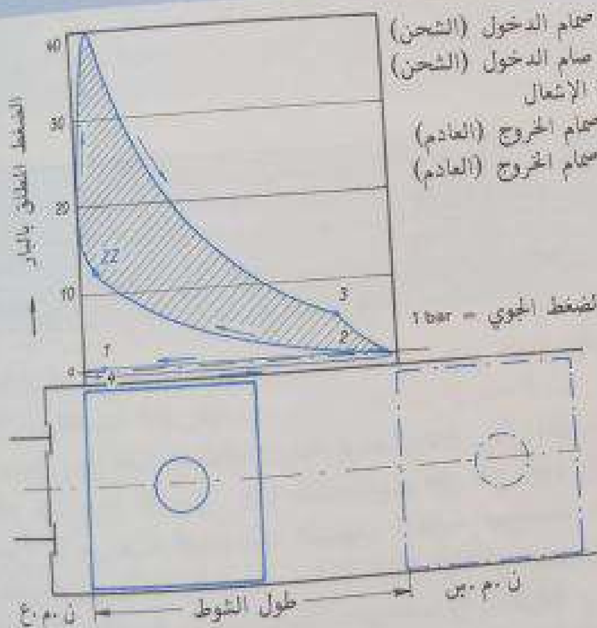
الرسم البياني للضغط والحجم (العلاقة بين الضغط وحركة الكباس):

لقياس الضغط داخل الأسطوانة أثناء تشغيل المحرك، يركب مقياس فوق رأس الأسطوانات. ويقوم هذا المقياس بتحديد ورسم الضغط في كل موضع من مواضع الكباس أثناء حركته. ويطلق على جهاز رسم العلاقة بين الضغط والحجم أيضا إسم المبين (Indicator) وهو إسم مشتق من الأصل اللاتيني (Indicare). وبالتالي يسمى منحنى الضغط والحجم (مسافة حركة الكباس) الذي يرسمه هذا الجهاز بالبطاقة البيانية (شكل ٧٢ - ٢). ويرسم على الإحداثي الأفقي الحجم (مسافة حركة الكباس) من النقطة الميتة العليا إلى النقطة الميتة السفلى. أما الإحداثي الرأسي فيرسم عليه الضغط المطلق المؤثر على الكباس، والمناظر لموضع الكباس بوحدة بار. ويتم قياس الضغط المطلق (Pabs.) انطلاقاً من حيز خال من الهواء. ويعادل ضغط مطلق قدره 1 bar الضغط الجوي.

منحنى الضغط والحجم لمحركات مصابة بخلل (أشكال ٧٢ - ٣ إلى ٥) يمكن من شكل المنحنى البياني للضغط والحجم معرفة مدى صحة توقيت الإشعال ومدى إحكام الصمامات.

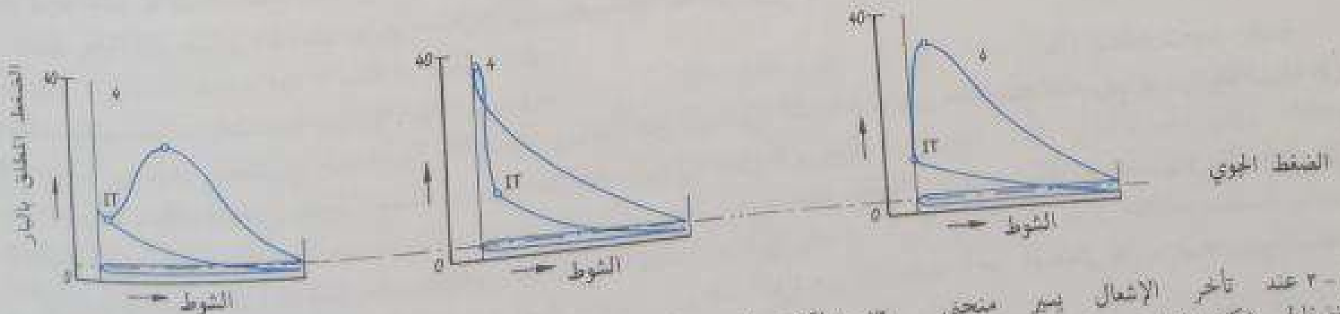
الملخص:

- تندفع غازات العادم بسرعة كبيرة إلى خارج الأسطوانة أثناء شوط العادم، بمجرد فتح صمام الخروج عند ضغط أعلى من الضغط الجوي بعدة مرات.
- تحتوي غازات عادم محركات أوتو على نسبة عالية من أول أكسيد الكربون الضار بالصحة، وخصوصا عند سرعة الإخمال. وتفوق هذه النسبة، نسبة وجوده، في غازات عادم محركات الديزل.



٧٢ - ٢ منحنى الضغط والحجم لتغير الضغط مع حركة الكباس (المنحنى البياني للمبين)

يتحرك الكباس مرتين من النقطة الميتة العليا إلى النقطة الميتة السفلى وبالعكس في كل دورة لعمود المرفق. ويبدأ منحنى الضغط بشوط المص (السحب). وأثناء شوط الانضغاط يزداد الضغط ببطء في البداية حتى لحظة الإشعال (ZZ)، ثم يرتفع فجأة ليصل إلى أعلى ضغط بعد النقطة الميتة العليا بقليل. يهبط الضغط سريعا في البداية أثناء شوط القدرة (الشغل)، ثم ببطء، حتى ينفتح صمام الخروج. حينئذ يحدث هبوط سريع للضغط حتى يقارب الضغط الجوي. وتنطرد غازات العادم إلى الجو المحيط بضغط أعلى قليلا من الضغط الجوي أثناء شوط العادم.



٧٢ - ٣ عند تأخر الإشعال يسير منحنى الانضغاط بشكله العادي حتى النقطة الميتة العليا، ثم يتناقص مع عودة الكباس. وعند وصول الكباس إلى وضع انطلاق الشرارة (لحظة الإشعال)، يرتفع الضغط مرة أخرى دون أن يصل إلى قيمته العليا كما هو في الحالة العادية.

٧٢ - ٤ يكون الجزء الأعلى للمنحنى البياني أنشوطة (عقدة مغلقة) في حالة الإشعال المبكر.

٧٢ - ٥ عندما يحدث تسرب من الصمامات، أو عندما يكون الخلوص بين الكباس والأسطوانة كبيرا، يكون منحنى الانضغاط في هاتين الحالتين مفلطحا ولا يصل الضغط إلى قيمته العليا كما هو في الحالة العادية.

- عند حرق ١ل من الوقود ينتج ١ل من الماء في صورة بخار، وعند وجود ضباب أبيض في غازات عادم محرك دافئ يعمل في جو دافئ، فإن ذلك يدل على تسرب ماء إلى داخل الأسطوانة.
- يدل وجود دخان أزرق في غازات عادم محرك رباعي الأشواط على عدم إحكام حلقات الكباس.
- أما وجود دخان أسود في غازات العادم فهو دليل على أن خليط الوقود مع الهواء مفرط الغنى.
- تعمل خافضات الصوت على تخفيف شدة ضوضاء العادم إلى ما دون الحد المسموح به.

أسئلة:

١ - صف شوط العادم.
٢ - لماذا يفتح صمام الخروج (العادم) قبل النقطة الميتة السفلى؟
٣ - ماذا يمكن فهمه من اصطلاح «تراكب الصمامات»؟
٤ - لماذا تكون غازات عادم محرك أوتو خطرة عند سرعة اللاحمل؟
٥ - علل سبب وجود ضباب أبيض وكذلك دخان أزرق وأسود في غازات العادم.
٦ - كيف تحدث ضوضاء العادم؟

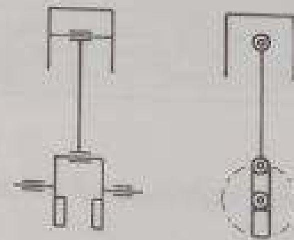
٤ - ١ - ٣ تصميمات المحركات رباعية الأشواط:

تكتفي المركبات الآلية صغيرة القدرة (الدراجات النارية الصغيرة) بمحرك ذي أسطوانة واحدة. وتعمل هذه المحركات عادة تبعا لدورة ثنائية الشوط. وتستعمل المحركات رباعية الأشواط أحادية الأسطوانة حاليا في الجرارات. أما للقدرات الكبيرة فتستعمل محركات متعددة الأسطوانات. وبرفع عدد الأسطوانات تصغر كتل الموازنة وتتحسن الكفاية الحجمية وسرعة الاحتراق، كما تصبح إمكانيات التبريد أفضل. وتنقسم المحركات تبعا لترتيب أسطواناتها كما يلي:

- محركات مستقيمة (In Line Motors)، وترتب فيها الأسطوانات في صف واحد.
- محركات متقابلة الأسطوانات (Opposed Cylinder Motors)، وترتب فيها الأسطوانات بحيث يكون كل زوج منها في وضع متقابل.
- محركات على شكل V ‏(V-Motors)، وترتب فيها الأسطوانات بحيث تصنع فيما بينها (بين محاورها) زاوية قدرها 60° أو 90°.

المحرك أحادي الأسطوانة (شكل ٧٣ - ١)

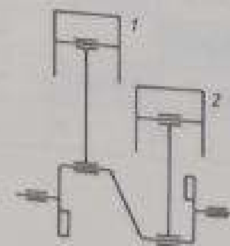
الأسطوانة	الأشواط			
أسطوانة واحدة	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
زاوية عمود المرفق	0° – 180°	360°	540°	720°



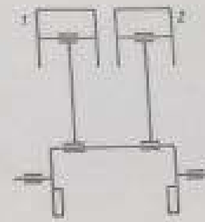
٧٣ - ١ المحرك أحادي الأسطوانة هو محرك بسيط التصميم ويكون رخيص الثمن نتيجة قلة عدد أجزائه. أما عيوب هذا المحرك فهي قدرته المحدودة ودورانه المضطرب [ينجز شوط شغل (قدرة) واحد خلال دورتين لعمود المرفق، ويبلغ البعد الزاوي للإشعال - وهو البعد بين شرارتين متتاليتين - 720°]، وكذلك كبر أثقال الموازنة وكبر كتلة الحدافة اللازمة لموازنة المحرك.

المحرك المستقيم - ثنائي الأسطوانة (شكلا ٧٣ - ٢ و ٧٤ - ١)

	الشوط ١	الشوط ٢	الشوط ٣	الشوط ٤
الأسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
الأسطوانة الثانية	الانضغاط	الشغل	العادم	السحب
زاوية المرفق	0° – 180°	360°	540°	720°



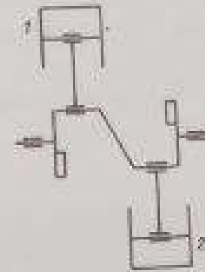
٧٣ - ٢ محرك مستقيم ذو أسطوانتين بعمود مرفق ثنائي الحدافة. يمتاز المحرك بالتوازن الجيد للكتل. إلا أن من عيوبه عدم انتظام الدوران، ويعقب كل شوطي شغل شوطان خاليان (البعد الزاوي بين كل شرارتين (إشعالين) بالزوايا المرفقية 180° و 540°).



الأسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
الأسطوانة الثانية	السحب	الانضغاط	الشغل	العادم
زاوية المرفق	0°	180°	360°	540° 720°

٧٤ - ١ محرك مستقيم ذو أسطوانتين وعمود مرفق بحذفة واحدة. دوران المحرك منتظم (البعد الزاوي بين كل شرارتين بالزوايا المرفقية 360°) . إلا أن عيبه يكمن في حاجته إلى كتل موازنة كبيرة.

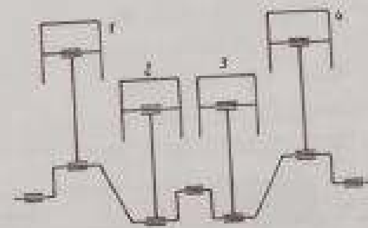
المحرك ذو الأسطوانتين المتقابلتين (شكل ٧٤ – ٢)



الأسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
الأسطوانة الثانية	السحب	الانضغاط	الشغل	العادم
زاوية المرفق	0°	180°	360°	540° 720°

٧٤ - ٢ محرك ذو أسطوانتين متقابلتين، يمتاز هذا المحرك بانتظام دورانه وجودة توازن كتله. ولذلك تصمم المحركات ثنائية الأسطوانات غالبا كمحركات متقابلة الأسطوانات.

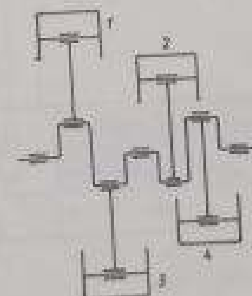
المحرك المستقيم – رباعي الأسطوانات (شكل ٧٤ – ٣) : تحدد حذفات عمود المرفق تتابع الإشعال في هذا المحرك. وبالنسبة للترتيب الموضح في الرسم ،فإن الإشعال يمكن أن يتم وفقا لأحد التتابعين :
(2 – 4 – 3 – 1) أو (3 – 4 – 2 – 1) .



الأسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
الأسطوانة الثانية	العادم	السحب	الانضغاط	الشغل
الأسطوانة الثالثة	الانضغاط	الشغل	العادم	السحب
الأسطوانة الرابعة	السحب	الانضغاط	الشغل	العادم
زاوية المرفق	0°	180°	360°	540° 720°

٧٤ - ٣ محرك مستقيم ذو أربع أسطوانات. يؤدي هذا الترتيب إلى دوران هادئ للمحرك (البعد الزاوي بين كل شرارتين بالزوايا المرفقية 180°) ، كما يؤدي إلى توازن جيد للكتل. وهو لذا أكثر التصميمات شيوعا.

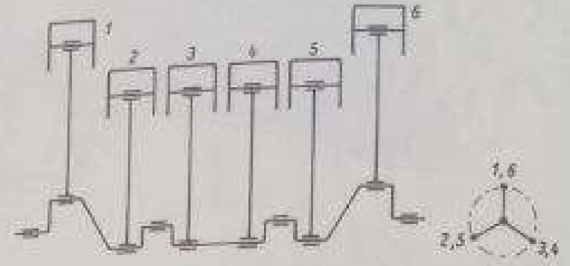
المحرك رباعي الأسطوانات المتقابلة (شكل ٧٤ – ٤) . يكون تتابع الإشعال لهذا المحرك : (2 – 3 – 4 – 1) .



الأسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط
الأسطوانة الثانية	العادم	السحب	الانضغاط	الشغل
الأسطوانة الثالثة	السحب	الانضغاط	الشغل	العادم
الأسطوانة الرابعة	الانضغاط	الشغل	العادم	السحب
زاوية المرفق	0°	180°	360°	540° 720°

٧٤ - ٤ المحرك رباعي الأسطوانات المتقابلة. يمتاز هذا المحرك بهدوء دورانه (زمن التوقيت الزاوي بين كل شرارتين بالزوايا المرفقية 180°) ، كما أن توازن الكتل به جيد ويمكن هذا الترتيب من تصميم محرك قصير مناسب للتبريد بالهواء.

المحرك المستقيم – سداسي الأسطوانات (شكل ٧٥ – ١) . تصمم المحركات التي تزيد سعتها عن 2 ل عادة بست أسطوانات . وترتب هذه الأسطوانات غالبا في خط مستقيم ، بينما تكون حذفات عمود المرفق مزاحة عن بعضها البعض بزاوية قدرها 120° . أما تتابع الاشعال المألوف في هذه المحركات فهو : (4 – 2 – 6 – 3 – 5 – 1) ، وتمتاز هذه المحركات بهدوء دورانها .



٧٥ – ١ محرك مستقيم سداسي الأسطوانات . يبلغ البعد الزاوي بين كل إشعالين متتاليين 120° (زاوية مرفقية) . ويكون دوران المحرك لهذا السبب منتظما وهادئا جدا ، وعيب هذا التصميم هو كبر طول المحرك .

الأسطوانة الأولى	الشغل	العادم	السحب	الانضغاط	
الأسطوانة الثانية	العادم	السحب	الانضغاط	الشغل	عادم
الأسطوانة الثالثة	سحب	الانضغاط	الشغل	العادم	السحب
الأسطوانة الرابعة	شغل	العادم	السحب	الانضغاط	الشغل
الأسطوانة الخامسة	الانضغاط	الشغل	العادم	السحب	انضغاط
الأسطوانة السادسة	السحب	الانضغاط	الشغل	العادم	
زاوية المرفق	0° 60° 120° 180° 240° 300° 360° 420° 480° 540° 600° 660° 720°				

المحرك على شكل ٧ – ثماني الأسطوانات . تستعمل محركات ذات ثماني أسطوانات عند الحاجة إلى قدرات كبيرة . وتصبح هذه المحركات طويلة جدا إذا صنعت أسطواناتها في صف واحد . ولذا فهي تصمم على شكل حرف ٧ . وتوضع كل أربع أسطوانات في صف . وتبلغ الزاوية بين صفي الأسطوانات من 60° إلى 90° . ويكون لهذا المحرك عمود مرفقي واحد ، يركب على كل حذفة من حذفاته ذراعا توصيل . وتكون هذه الحذفات – التي تقع في مستو واحد – مزاحة عن بعضها بزاوية قدرها 180° .

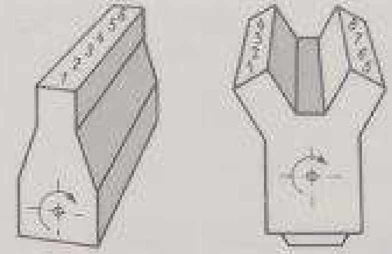
وقد بدأ منذ بضع سنوات إنتاج محركات على شكل حرف ٧ ذات أربع وست أسطوانات .

الملخص :

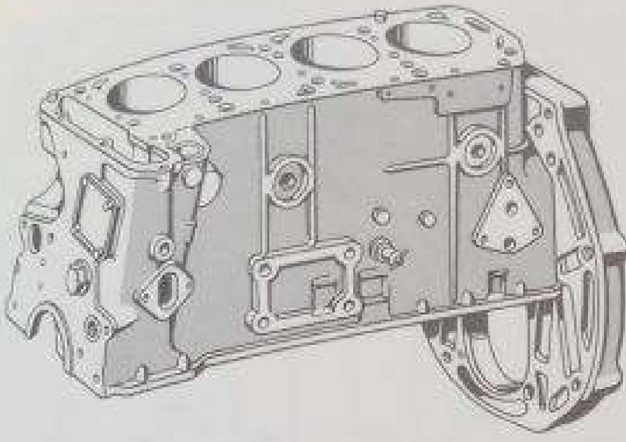
- تصمم المحركات أحادية الأسطوانة غالبا كمحركات ثنائية الشوط .
- المحرك أحادي الأسطوانة رباعي الأشواط هو محرك بسيط التصميم ورخيص الإنتاج ، إلا أن دورانه غير هادئ ، ولذلك فيحتاج إلى حذافة كبيرة .
- يدور المحرك المستقيم ذو الأسطوانتين وذو عمود المرفق بحذفتين دورانا غير منتظم .
- يكون دوران المحرك المستقيم ذو الأسطوانتين وذو عمود المرفق بحذفة واحدة دورانا منتظما ، إلا أن هذا المحرك يحتاج إلى كتل موازنة كبيرة .
- يدور المحرك ثنائي الأسطوانات المتقابلة بهدوء وهو ذو توازن جيد للكتل .
- يدور المحرك المستقيم رباعي الأسطوانات دورانا منتظما عند توقيت زاوي للإشعال قدره 180° (زاوية مرفقية) . ولكنه طويل نسبيا .
- يدور المحرك رباعي الأسطوانات المتقابلة بهدوء ، ويمتاز بقصر طوله .
- يدور المحرك المستقيم سداسي الأسطوانات بتوقيت زاوي للإشعال قدره 120° (زاوية مرفقية) بانتظام وهدوء شديدين ولكنه طويل جدا .
- تنتج المحركات ذات الثماني أسطوانات على شكل ٧ .

أسئلة :

١ – لماذا تركب محركات متعددة الأسطوانات في سيارات ركوب الأشخاص ؟
٢ – لماذا لا تنتج محركات ثنائية الأسطوانات بعمود مرفق بحذفتين ؟
٣ – ما هي أبعاد الإشعال الزاوية (فروق توقيت الإشعال) لكل من المحركات أحادية وثنائية ورباعية وسداسية الأسطوانات ؟
٤ – ما هو العيب الرئيسي للمحركات المستقيمة سداسية الأسطوانات ؟
٥ – لماذا تنتج المحركات ذات الثماني أسطوانات على شكل ٧ ؟



٧٦–١ ترقيم الأسطوانات طبقا للمواصفات القياسية DIN 73021 . يبدأ الترقيم بالأسطوانات الواقعة في جهة مأخذ القدرة (جهة بذل القوة). ويتم ذلك أيضا في المحركات ذات الأسطوانات المتقابلة والمحركات التي على شكل ٧، حيث يبدأ أولا بترقيم الأسطوانات الواقعة على الجانب الأيسر ثم الأسطوانات الواقعة على الجانب الأيمن.



٧٦ - ٢ كتلة الأسطوانات والمرفق، وهي تتكون من الأسطوانات مع قميص ماء التبريد ومن علبة المرفق. يتم تحميل (ارتكاز) عمود المرفق وغالبا أيضا عمود الحدبات في جسم علبة المرفق.

٤ - ١ - ٤ أجزاء المحرك

٤ - ١ - ٤ - ١ الأسطوانة

وظائف الأسطوانة:

- تكوين غرفة الاحتراق
- تلقي الضغط المتولد
- نقل الحرارة
- توجيه الكباس

ترتيب الأسطوانات (شكل ٧٦ - ١). تصب مجموعة الأسطوانات ككتلة واحدة في المحركات المبردة بالماء. وتنشأ عن ذلك كتلة الأسطوانات. وتكون هذه الكتلة عادة مع علبة المرفق جزءا واحدا يسمى بكتلة الأسطوانات والمرفق. أما المحركات المبردة بالهواء فتتكون عادة من أسطوانات منفصلة تثبت على علبة المرفق بمسامير ملولبة.

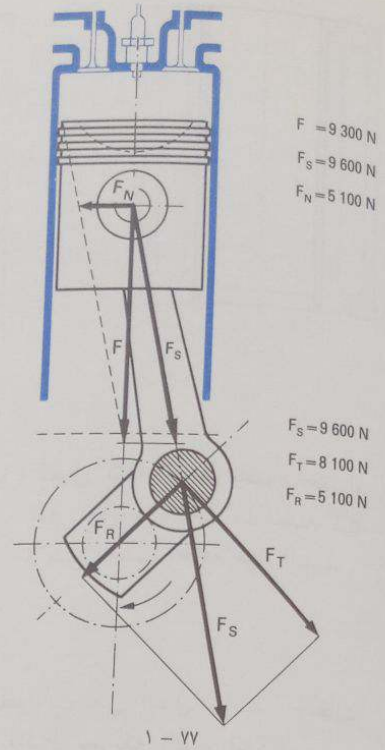
الإجهادات المؤثرة على الأسطوانة:

ينتج إجهاد الأسطوانة عن:

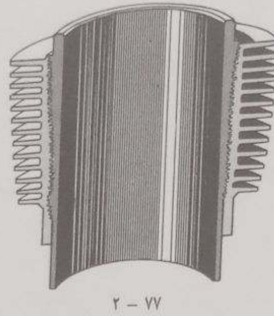
- الضغط العالي (وهو يتراوح في محركات أوتو بين 40 bar و 60 bar وفي محركات الديزل بين 50 bar و 80 bar).
- درجة الحرارة العالية. تصل درجة الحرارة بالقرب من شمعة الإشعال إلى حوالي 2000°C في لحظة الإشعال. وتبلغ درجة الحرارة عند جدران أسطوانات المحركات المبردة بالماء من 80°C إلى 120°C. بينما تبلغ عند جدران أسطوانات المحركات المبردة بالهواء من 100°C إلى 220°C.
- الاحتكاك. يكون الاحتكاك قويا، وعلى الأخص عندما يكون الكباس في منتصف الشوط. فحينئذ يدفع ذراع التوصيل - الذي يكون في وضع مائل - الكباس إلى أعلى ضاغطا إياه بقوة على جدران الأسطوانة؛ وينشأ عن هذا الضغط قوى احتكاك كبيرة (شكل ٧٧ - ١).

الشروط الواجب توافرها في معدن (مادة صنع) الأسطوانة:

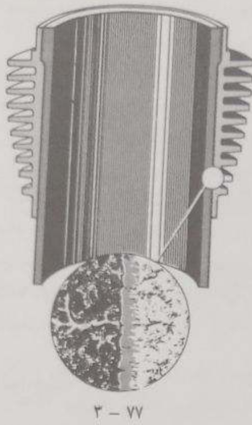
- مقاومة إجهادات ضغط كبيرة في كل الظروف، بما في ذلك عند درجات الحرارة العالية،
- خواص انزلاق جيدة،
- مقاومة عالية للبلى (البري)
- موصلية حرارية جيدة،
- خفة الوزن،
- مقاومة عالية للصدأ،
- قدرة تلاصق جيدة مع وسيط التزليق،
- إمكانية إنتاج رخيصة.



٧٧ – ١


٧٧ – ٢

٧٧ – ٢ أسطوانة (ألفن)) Alfin . ينشأ اتصال معدني جيد باستعمال طريقة ألفن. فعلى جانب معدن الألومنيوم لا يوجد تأكسد. ومن ثم يصبح الانتقال الحراري الجيد ممكنا. ويحتفظ هذا الاتصال بمقاومته للإجهادات حتى عند درجة الحرارة المرتفعة.


٧٧ – ٣

٧٧ – ٣ جلبة مسبوكة بسطح خشن. تكون الجلبة – المصبوبة ذات السطح المتعرج والمنتجة بطريقة الطرد المركزي – اتصالا قويا مع جسم الزعانف المصنوع من الألومنيوم بطريقة الصب بالضغط. ولكن قدرتها على نقل الحرارة أقل مما في حالة أسطوانة (ألفن) Alfen .

٧٧ – ١ القوى المؤثرة على مجموعة المرفق. تحلل القوة المؤثرة على الكباس (F) إلى مركبتين، الأولى قوة جانبية F_N تؤثر عموديا على جدار الأسطوانة، أما القوة الثانية وهي F_S فإنها تؤثر في اتجاه ذراع التوصيل، الذي ينقلها إلى أصبع أو مسمار عمود المرفق. تحلل القوة F_S المؤثرة على مسمار عمود المرفق إلى قوة مماسة لدائرة الدوران (قوة إدارة) F_T وقوة شعاعية (نصف قطرية) F_R. ويمثل طول كل سهم مقدار القوة (مقياس الرسم: كل 1 cm يعادل 3000 N).

معادن (مواد صنع) الأسطوانات: يستعمل عادة حديد الزهر الرمادي لصنع الأسطوانات المبردة بالماء، أما الأسطوانات المبردة بالهواء فتصنع غالبا من سبائك الألومنيوم (معادن خفيفة)، وتمتاز الأخيرة بموصليتها الجيدة للحرارة إلى جانب خفة وزنها، إذ تبلغ موصليتها الحرارية ثلاثة أمثال قيمتها لحديد الزهر الرمادي. ويؤدي ارتفاع الموصلية الحرارية إلى خفض درجة الحرارة العظمى مما يسمح برفع نسبة الانضغاط، وبالتالي زيادة القدرة المولدة. ويمكن التغلب على سوء خواص الانزلاق للمعادن الخفيفة بطلاء الأسطح الداخلية للأسطوانة بالكروم (شكل ٧٨ – ٣)، أو بصب جلبة (بطانة) من حديد الزهر الرمادي بطريقة ألفن (شكل ٧٧ – ٢)، أو باستعمال جلبة داخلية مسبوكة ذات سطح خشن (شكل ٧٧ – ٣).

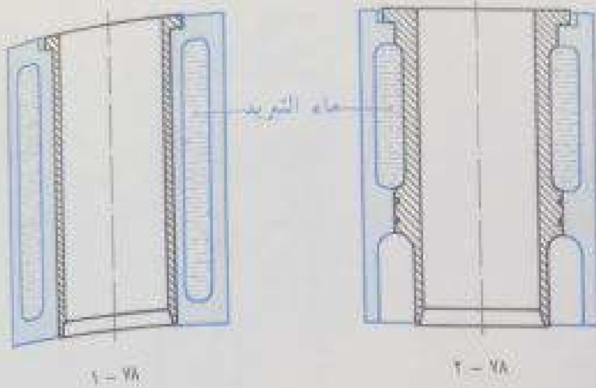
بلى (بري) سطح تشغيل الأسطوانة: تبلغ سرعة الكباس وكذلك قوة الكباس الجانبية المؤثرة عموديا على سطح الأسطوانة أكبر قيمها عند حوالي منتصف المسافة بين النقطة الميتة العليا والنقطة الميتة السفلى. وبالرغم من هذا فإن القيمة الكبرى للبلى تظهر في موضع الحلقة العليا للكباس عندما تكون هذه الحلقة عند النقطة الميتة العليا، ثم يتناقص البلى بتدرج كبير حتى النهاية السفلى لمنطقة حلقات الكباس. ويعلل ذلك بالآتي:

- يكون التزليق في منطقة حلقة الكباس العليا أسوأ ما يمكن.
- يزال غشاء الزيت الموجود على جدار الأسطوانة بواسطة الوقود المتكاثف فوق سطح الأسطوانة، عند بدء إدارة المحرك البارد في الشتاء ونتيجة لذلك ينشأ احتكاك جاف.
- تكون آثار الكبريت الطفيفة الموجودة في الوقود أحماضا عند اتحادها ببخار الماء وتسبب تآكل الجزء العلوي لسطح الأسطوانة.

ويؤدي البلى الكبير للأسطوانة إلى اتساع الخلوص بينها وبين الكباس، وفي هذه الحالة تقل قدرة الكباس على إحكام منع التسرب. وينتج عن هذا انخفاض ضغط الانضغاط، وبالتالي نقص قدرة المحرك. كما يزيد معدل استهلاك زيت التزليق مع ظهور دخان أزرق بغازات العادم. ولذلك يجب إجراء عملية إصلاح أو تجديد الأسطوانة عندما يبلغ بلى سطحها الداخلي من 0,2 mm إلى 0,4 mm، تبعا لحجم المحرك. ويتم إصلاح الأسطوانة بتوسيع تجويفها بمقدار 0,5 mm يتبعه صقل السطح الداخلي. ويتم هذا التوسيع على مكنات تجويف دقيقة. ويمكن إعادة عملية التوسيع عدة مرات إلى أن تصل الزيادة في القطر الداخلي للأسطوانة نحو 2 mm. ويستعمل في كل مرة كباس بمقاس مناسب.

٧٨ - ١ جلبة داخلية جافة رقيقة الجدار ذات شفة في أعلاها. تنتج بمقاس أكبر من القطر الداخلي للأسطوانة، ثم تكبس داخل الأسطوانة وبعد ذلك تصقل على المقاس النهائي.

٧٨ - ٢ جلبة مبللة معرضة لماء التبريد. يجب أن تتحمل الجلبة المبللة ضغط الاحتراق، ولذلك يكون جدارها سميكا نسبيا في منطقة الشوط. وعند تركيب الجلبة في جسم الأسطوانة يجب التأكد من عدم إزاحة حلقات منع تسرب مياه التبريد وإلا تشوهت الجلبة. وينتج عن ذلك تسرب مياه التبريد إلى داخل علبة المرفق. يجب أن تعلو شفة نهاية الجلبة عن سطح كتلة الأسطوانات بمقدار بضع من $\frac{1}{100}$mm، حتى تضغط الجلبة بشدة بواسطة حشية رأس الأسطوانات. وتورد الجلب المبللة بأبعادها النهائية.



الجلب الداخلية الجافة:

باستعمال الجلب الداخلية الجافة (غير المعرضة مباشرة لماء التبريد) (شكل ٧٨ - ١) يمكن إعادة استعمال كتلة الأسطوانات، حتى لو استنفذت كل إمكانيات الإصلاح سالفة الذكر. وتنتج بعض المحركات الجديدة، وهي مجهزة بجلب جافة. وفي هذه الحالات تصنع كتلة الأسطوانات من حديد زهر رمادي أرخص من ذلك المستخدم في صنع الجلب الداخلية الجافة. ولا تلامس الجلب الجافة مياه التبريد.

الجلب المبللة:

تحاط الجلبة المبللة بمياه التبريد (شكل ٧٨ - ٢). ويتم منع التسرب بين الجلبة وكتلة الأسطوانات من أسفل بواسطة حلقات مطاطية، ومن أعلى بكبسها على حشية رأس الأسطوانات. وتنتج الجلب المبللة من حديد الزهر المنتج بطريقة الطرد المركزي.

ميزات الجلب المبللة:
- استعمال كباسات بمقاس واحد (متساو).
- سرعة إنجاز إصلاح الأسطوانات (تجديد المحرك).

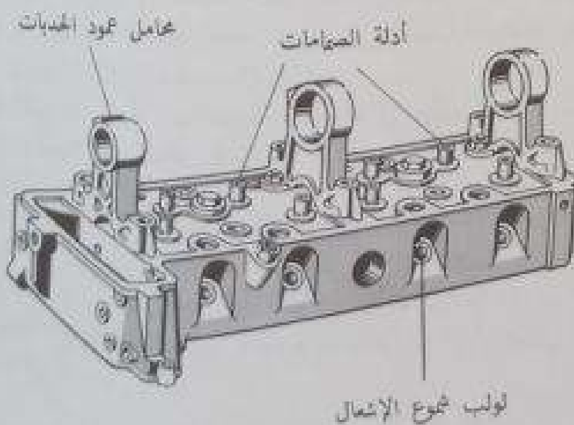
عيوب الجلب المبللة:
- تتمكن مياه التبريد من الوصول إلى داخل علبة المرفق، في حالة عدم سلامة إحكام حلقات منع التسرب.
- تكون كتلة الأسطوانات أقل جساءة.

الأسطوانة المفردة (المنفصلة) المبردة بالهواء (شكل ٧٨ - ٣). تحتاج الأسطوانة المفردة المبردة بالهواء إلى سطح خارجي كبير نظرا لسوء انتقال الحرارة منها إلى السطح الخارجي ثم إلى الهواء. ولتكبير هذا السطح تزود الأسطوانة بزعانف تقع في اتجاه تيار الهواء. وتصنع الزعانف عادة من سبائك الألومنيوم (معادن خفيفة) لجودة موصليتها الحرارية.

مميزات الأسطوانات المفردة (المنفصلة):
- خفيفة الوزن بدرجة ملحوظة.
- مناسبة لتبريد الهواء بصفة خاصة.
- يمكن استبدال أسطوانة بمفردها في حالة حدوث عطب.



٧٨ - ٣ أسطوانة مصنوعة من سبيكة الألومنيوم وقد طلي سطحها الداخلي بالكروم لتصليده، وبها تجاويف تقوم باستيعاب الزيت.



٧٨ - ٤ رأس أسطوانات مع محامل عمود الحدبات (الكامات) وأدلة الصمامات والثقوب الملولبة لشموع الإشعال.



٧٩ - ١ رأس أسطوانة مصنوع من معدن خفيف لمحرك مبرد بالهواء.



٧٩ - ٢ إن ترتيب وضع الصمامات هو الذي يحدد شكل غرفة الاحتراق. ولا يمكن تحقيق الشكل نصف الكروي المثالي لغرف الاحتراق سوى في المحركات ثنائية الأشواط. وتعمل منطقة الإثارة الدوامية المبينة في الرسم على زيادة حركة الهواء الدوامية، وبالتالي على سرعة إتمام احتراق الوقود.

عيوب الأسطوانات المفردة (المنفصلة):

- يؤدي استعمالها - في المحركات المستقيمة متعددة الأسطوانات - إلى زيادة كبيرة في طول المحرك، نظرا لكبر حجم الأسطوانة المفردة. ويمكن التغلب على هذا العيب بترتيب الأسطوانات في وضع متقابل.
- تسبب المحركات المبردة بالهواء ضوضاء عالية أكبر منها في المحركات المبردة بالماء، لانعدام دور قميص الماء في خمد الضوضاء.

رأس الأسطوانات (شكل ٧٨ - ٤): يكون رأس الأسطوانات عبارة عن سطح غلق للأسطوانات من أعلاها. ويحتوي على غرفة الاحتراق (شكل ٧٩ - ٢)، وعلى فتحات الاتصال بأنابيب المص (السحب) وأنابيب العادم.

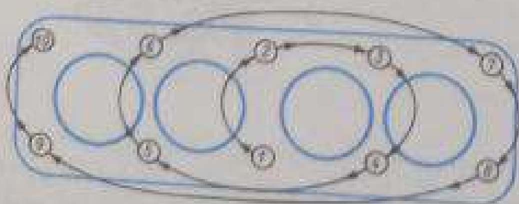
وتوجد الصمامات وأدلتها في رأس أسطوانات المحركات الحديثة. كما يرتكز على رأس الأسطوانات كل من الرافعة المتأرجحة وكذلك عمود الحدبات العلوي. وتركب شموع الإشعال في ثقوب ملولبة خاصة بها موجودة في رأس الأسطوانات.

يصنع رأس الأسطوانات - لجميع أسطوانات المحركات المبردة بالماء - من كتلة واحدة تسبك من حديد الزهر الرمادي أو من سبيكة الألومنيوم. وتقوم قنوات مياه التبريد بتبريد غرفة الاحتراق وأدلة الصمامات. أما المحركات المبردة بالهواء فتصنع رؤوس أسطواناتها من سبائك الألومنيوم، وتزود بزعانف تبريد لتحسين عملية انتقال الحرارة (شكل ٧٩ - ١). ويثبت رأس الأسطوانات بكتلة الأسطوانات بواسطة مسامير ملولبة يستعمل مفتاح عزم مقنن لربطها، ويتم الربط طبقا لتعليمات الشركة المنتجة، على أن يبدأ بربط المسامير الواقعة في الوسط، ثم تلك الموجودة في الأطراف، إما في خطوط مستقيمة متقاطعة (شكل ٧٩ - ٣) أو في مسار حلزوني (شكل ٧٩ - ٤). تربط المسامير أولا ربطا خفيفا، ثم بدرجة أشد وأخيرا تربط بعزم اللي المحدد. كما يجب إعادة ربطها بعد سير المركبة مسافة حوالي 500 km.

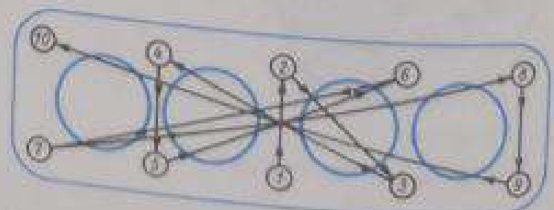
ويحمي غطاء رأس الأسطوانات أجزاء التحكم المثبتة برأس الأسطوانات من الغبار أو التلوث، كما يمنع تناثر (طرطشة) الزيت. ويصنع غطاء رأس الأسطوانات من ألواح من الفولاذ أو من سبائك الألومنيوم. وتوضع حشيات من الفلين المكبوس بين رأس الأسطوانات والغطاء، لمنع التسرب بينهما.

حشيات رأس الأسطوانات (شكل ٨٠ - ١): تستعمل حشيات رأس الأسطوانات لمنع تسرب الغازات من غرفة الاحتراق وحتى لا تنفذ مياه التبريد إلى داخل الأسطوانات. ولا يكون منع التسرب تاما، إلا إذا كان كل من سطح رأس الأسطوانات وكتلة الأسطوانات تام الاستواء. وينشأ عدم استواء سطح رأس الأسطوانات عادة بسبب فكه بينما يكون المحرك لا يزال ساخنا.

يجب ألا تتأثر الحشيات بدرجات الحرارة العالية وأن تتمتع بمقاومة كافية للإجهادات الدائمة، الناتجة عن الضغوط العالية الموجودة في الأسطوانات. وكانت الحشية المصنوعة من الأسبستوس والمعدن (شكل ٨٠ - ٢) تعتبر الحشية التقليدية لرأس الأسطوانات. وتمتاز هذه الحشية بقدرة تشكل عالية، حيث أنها تتكون من لوحين من الفولاذ أو النحاس تفصلهما طبقة من الأسبستوس، ويتم تفريغ الفجوات المسامية في الحشية. ولا تتمتع هذا النوع من الحشيات بجودة إحكام مطلقة، لأن منعها للتسرب ناشئ عن ضغط سطح معدني



٧٩ - ٤ ربط مسامير رأس الأسطوانات في مسار حلزوني.



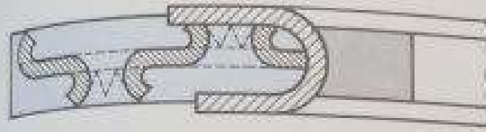
٧٩ - ٣ ربط مسامير رأس الأسطوانات في خطوط مستقيمة متقاطعة.





٨٠ - ٢ حشية رأس أسطوانات من الأسبستوس مع المعدن ذات رقيقة تغطية وحواف مطوقة.

٨٠ - ١ حشية رأس أسطوانات محرك رباعي الأسطوانات مبرد بالماء.



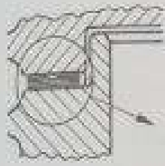
حواف لدخول الماء أو الزيت أو المسامير الملولبة، وهي تصنع من النحاس أو الفولاذ أو الألومنيوم يتراوح سمكها بين 0,10 mm و 0,3 mm.

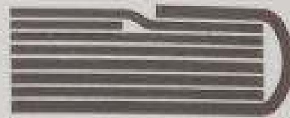


حواف غرفة الاحتراق مصنوعة من الفولاذ يتراوح سمكها بين 0,10 mm و 0,30 mm.

٨٠ - ٤ حشية رأس أسطوانات كما بشكل ٨٠ - ٣ إلى جانب تقويتها بتثبيت حلقات فولاذية بها.

٨٠ - ٣ حشية رأس أسطوانات من لوح فولاذي غلف سطحاه عادة لينة مع عمل تفريغ عند الفتحات.



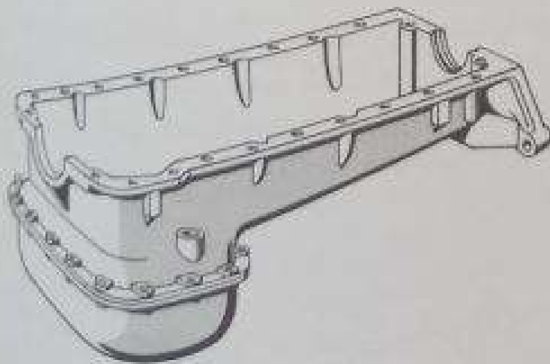


٨٠ - ٥ حشية رأس أسطوانات محرك مبرد بالهواء مصنوعة من رقائق فولاذية.

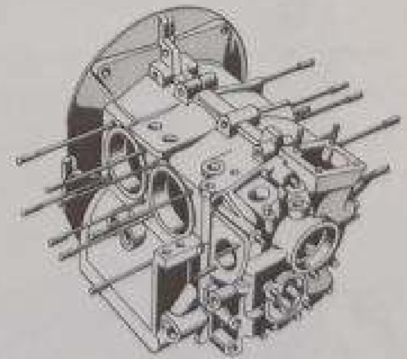
على سطح معدني آخر. ويمكن تحقيق منع التسرب التام للمحركات المبردة بالماء، باختيار مادة لينة لسطح الحشية. وبناء على هذه الخبرات تم تطوير الحشيات إلى شكلها الحالي المعتاد (شكل ٨٠ - ٣). وهي تتكون من لوح فولاذي متعرج لإحكام الزنق يغطى سطحه بطبقة من الأسبستوس المعالج كيميائيا. وتؤدي المعالجة الكيميائية لسطح الأسبستوس إلى جودة إحكام عالية مع السطح الملامس له من ناحية، كما تحد من خاصية ميل الأسبستوس للالتصاق من ناحية أخرى. وتفرغ الفجوات الخاصة بغرفة الاحتراق في الحشية. وفي حالات خاصة تفرغ أيضا مجاري (فتحات) ماء التبريد أو الزيت. أما حشيات المحركات عالية القدرة فتحاط فجوات الاحتراق فيها بحلقات فولاذية إضافية لحماية (شكل ٨٠ - ٤). وغالبا ما تستعمل حشيات برقائق فولاذية متعددة للمحركات المبردة بالهواء (شكل ٨٠ - ٥).

علبة المرفق: تقوم علبة المرفق باستيعاب عمود المرفق وعمود الحدبات أيضا في معظم الأحيان، إلى جانب قيامها بتثبيت الأسطوانات. وتصنع عادة من حديد الزهر الرمادي أو من معادن خفيفة. ويصب عادة مجمع (كتلة) الأسطوانات والجزء العلوي من علبة المرفق كجزء واحد في المحركات المبردة بالماء (شكل ٧٦ - ٢). وتصنع علبة المرفق في المحركات المبردة بالهواء من معدن خفيف، كما تثبت الأسطوانات بعلبة المرفق بواسطة شدادات (مسامير ربط) (شكل ٨٠ - ٦).

وتقسم علبة المرفق عند مستوى خط منتصف المحامل إلى جزئين لتحميل عمود المرفق. ويؤدي ذلك إلى جساءة كل من جسم الأسطوانات وعلبة المرفق، كما يسهل عملية تركيب عمود المرفق.



٨٠ - ٧ حوض زيت مصنوع من لوح فولاذي



٨٠ - ٦ علبة مرفق لمحرك مبرد بالهواء، مصبوبة من سبيكة الألومنيوم (معدن خفيف) وقد تم تشغيل جزئي العلبة معا. ولا يجوز استبدال أحد الجزئين دون الآخر. كما تستعمل الشدادات (مسامير الربط) لتثبيت الأسطوانات.

ويستعمل الجزء السفلي من علبة المرفق كحوض للزيت (شكل ٨ - ٧)، ويصنع من لوح فولادي وفي أحيان كثيرة من سبيكة الألومنيوم وذلك لجودة توصيلها للحرارة. ويشد المحرك من الجزء العلوي لعلبة المرفق مع هيكل المركبة بواسطة وصلة مرنة من المطاط.

ويتم تهوية علبة المرفق بوصلها بأنبوب مع توصيلات سحب الهواء، لتحاشي زيادة الضغط بها. وبذلك يمكن أيضا منع نواتج الاحتراق الهيدروكربونية - المتسربة من حلقات الكباس إلى علبة المرفق - من الوصول إلى الجو الخارجي.

الملخص:

- يبدأ ترقيم الأسطوانات من الجهة التي تأخذ منها القدرة.
- تتعرض الأسطوانة لضغوط ودرجات حرارة عالية وإلى الاحتكاك.
- تصنع الأسطوانات من حديد الزهر الرمادي أو من سبائك الألومنيوم (معادن خفيفة).
- يصب للأسطوانات، المصنوعة من سبائك الألومنيوم، جلب من حديد الزهر الرمادي أو تطلى أسطحها الداخلية (أسطح التشغيل) بالكروم.
- يبلغ البلى أكبر قيمة له عند أعلى الأسطوانة.
- تكون جلب الأسطوانات المبللة سميكة الجدار، ويسري ماء التبريد حولها من الخارج.
- تكون جلب الأسطوانات الجافة رقيقة الجدار ولا تلامس مياه التبريد، ويتم إنهاء تشغيلها (بالصقل) بعد كبسها في الأسطوانة.
- يحتوي رأس الأسطوانات على حيز الانضغاط ومداخل أنابيب السحب ومخارج العادم وكذلك على الصمامات وشموع الإشعال.

أسئلة:

١ - ما هي وظائف الأسطوانة؟
٢ - ما هي أنواع ترتيب الأسطوانات؟
٣ - ما هي مصادر إجهاد الأسطوانة؟
٤ - ما هي الشروط الواجب توافرها في معدن صنع الأسطوانة؟
٥ - لماذا يبلغ بلى الأسطوانة أكبر قيمة له عند أعلى الأسطوانة؟
٦ - إشرح الفرق بين الجلبة الداخلية الجافة والجلبة الداخلية المبللة.
٧ - ما هي وظائف رأس الأسطوانات؟
٨ - ما الذي يجب مراعاته عند ربط مسامير رأس الأسطوانات؟
٩ - مم تتركب حشيات رأس الأسطوانات؟

٤ - ١ - ٤ - ٢ كباس المحرك

وظائف الكباس:

- يعمل كمانع تسرب متحرك بين غرفة (حيز) الاحتراق وعلبة المرفق.
- يتلقى قوى ضغط الاحتراق وينقلها إلى ذراع التوصيل.
- يوصل الحرارة إلى جدار الأسطوانة وإلى زيت التزليق.
- يتحكم في حركة الغازات في أسطوانات المحركات ثنائية الشوط.

الإجهادات المؤثرة على الكباس:

- الضغط العالي: تؤثر قوة تبلغ قيمتها قدر الوزن الذاتي للمركبة من مرة إلى مرتين على الكباس.
- درجة الحرارة العالية: تصل درجة حرارة مركز رأس الكباس إلى ما يفوق 400°C.
- الاحتكاك: يتعرض الكباس إلى نفس مقدار الاحتكاك الذي تتعرض له الأسطوانة.

الشروط الواجب توافرها في معدن (مادة صنع) الكباس هي نفس الشروط الواجب توافرها في معدن الأسطوانة. ونظرا لقوى التسارع الكبيرة المؤثرة على الكباس، فإن خفة وزنه تلعب دورا هاما في هذا المقام.

معادن الكباسات: تصنع الكباسات عادة من سبائك الألومنيوم، وقلما يستخدم حديد الزهر الرمادي لصنعها. ويصب معظم الكباسات المصنوعة من سبائك الألومنيوم في قوالب ثم تبرد لحاميا. أما المحركات المعرضة لإجهادات عالية وخصوصا محركات السيارات الرياضية وسيارات السباق ومحركات الطائرات فتتم صناعة كباساتها بالكبس، وبذلك تكتسب متانة وصلابة عاليتين.

ويمتاز حديد الزهر الرمادي عن سبائك الألومنيوم بكبر قابليته للتزليق وعلو مقاومته للبلى، ولكن نظرا لدوران المحركات الحديثة بسرعات عالية، مما ينتج عنه قوى تسارع كبيرة لكتل المعدن المتحركة، فلا يستعمل حديد الزهر الرمادي في صنع كباسات هذه المحركات. ويقتصر استعماله على كباسات الضواغط. ولما كان الألومنيوم النقي لينا وذا مقاومة بلى غير كافية،

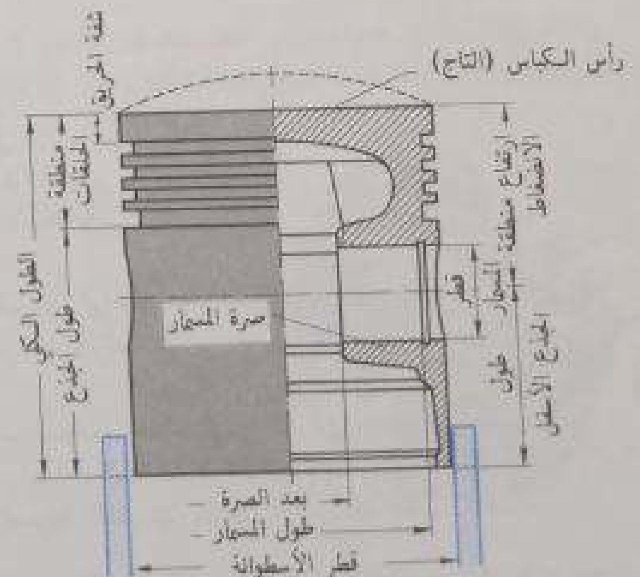
فإنه لا يصلح بمفرده لصناعة الكباسات، ولذلك يجب مزجه في سبيكة. وفيما يلي نورد أنواع سبائك الألومنيوم التي تستعمل في صنع الكباسات في بعض الدول الأوربية.

- سبيكة من الألومنيوم والسليكون بنسبة حوالي 12% سليكون (سبيكة يوتكتيك). وهذه السبيكة هي المستعملة عادة لكباسات محركات أوتو رباعية الأشواط. وهي سبيكة جيدة التشغيل. ويقلل السليكون من مقدار التمدد الحراري كما يزيد من مقاومة البلى.
- سبيكة من الألومنيوم والسليكون بنسبة حوالي 18% سليكون (فوق يوتكتيك). بسبب زيادة نسبة السليكون، يقل مقدار التمدد الحراري بمقدار أكبر كما تزداد كل من مقاومتها للبلى وصلادتها على الساخن. وتؤدي بلورات السليكون المنتشرة في المادة إلى صعوبة تشغيلها. وتستعمل هذه السبيكة بصورة خاصة للكباسات المجهدة حراريا بدرجة عالية، مثل كباسات محركات الديزل وكباسات المحركات ثنائية الشوط.
- سبيكة من الألومنيوم والسليكون بنسبة حوالي 24% سليكون (فوق يوتكتيك). وتتمتع هذه السبيكة بأقل مقدار تمدد حراري ومقاومة بلى عالية نتيجة لوجود نسبة عالية من السليكون في السبيكة. وتعتبر هذه السبيكة أصعب السبائك في تشغيلها. وباستعمال هذه السبيكة يمكن عمل تصميمات التركيبات بأقل خلوص ممكن.
- سبيكة من الألومنيوم والنحاس تحتوي على حوالي 4% نحاس و 2% نيكل. تمتاز هذه السبيكة بمقاومتها العالية للإجهادات الحرارية وبسهولة تشغيلها. ومن خواصها أن تمددها الحراري مرتفع. ويؤدي هذا إلى ارتجاج الكباس (الطقطقة) عندما يدار المحرك في الحالة الباردة. ولذلك يندر استعمال هذه السبيكة.

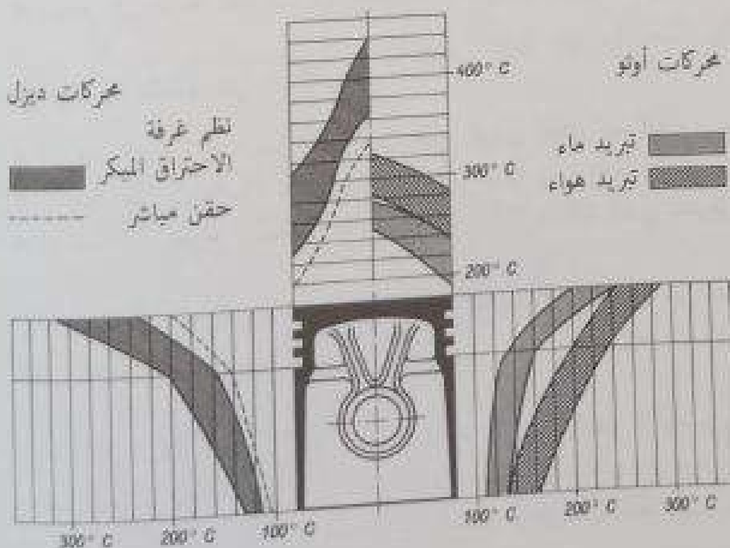
شكل الكباس: يتكون الكباس من الأجزاء الآتية: رأس الكباس وشفة الحريق (تاج الكباس) ومنطقة الحلقات (الشنابر) وجذع الكباس وصرة مسمار الكباس.

ويكون رأس الكباس في محركات أوتو رباعية الأشواط إما مستويا أو محدبا بدرجة خفيفة. وتؤثر طريقة الكسح بدرجة كبيرة على شكل رأس الكباس في المحركات ثنائية الشوط بينما تحدد طريقة الاحتراق هذا الشكل في محركات الديزل.
ويعتمد سمك رأس الكباس على مقدار ضغط الاحتراق. أما ارتفاع منطقة حلقات (شنابر) الكباس فيتوقف على عدد وأبعاد الحلقات (شكل ٨٢ – ١). ويعرف الجزء من رأس الكباس حتى أول حلقة بشفة الحريق. كما أن وظيفة جذع الكباس هي توجيه حركة الكباس داخل الأسطوانة ونقل القوى الجانبية إلى جدار الأسطوانة. وتتحكم الفتحات والنهاية السفلى لجذع الكباس في سريان الغازات في المحركات ثنائية الشوط. أما صرة مسمار الكباس فتنقل القوة المؤثرة على الكباس إلى ذراع التوصيل عن طريق مسمار الكباس.

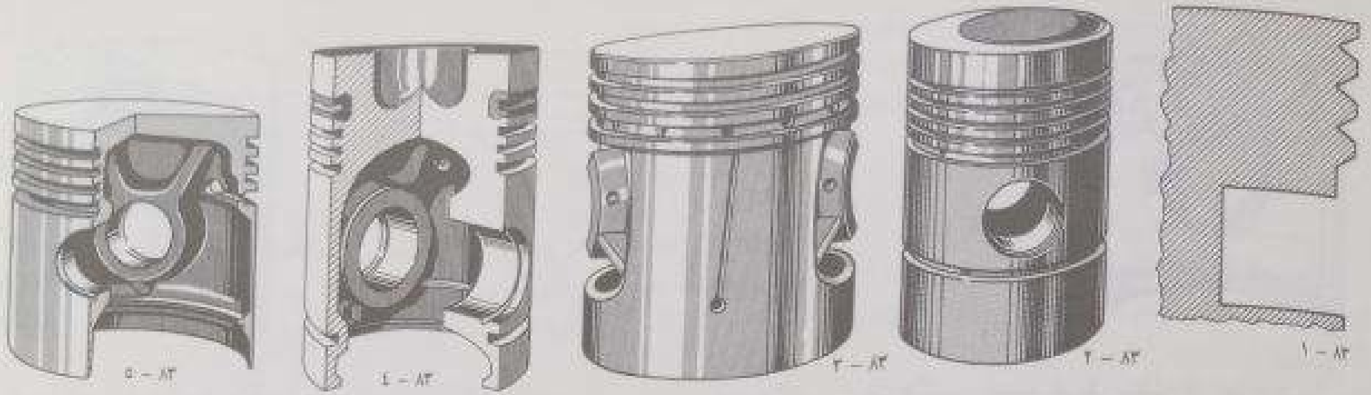
سخونة الكباس وآثارها. تتوقف درجة حرارة الكباس على طريقة تشغيل المحرك ونوع التبريد. وقد تصل درجة حرارة مركز رأس الكباس في محركات الديزل إلى ما يفوق 400°C؛ بينما لا تتعدى 320°C في محركات أوتو المبردة بالهواء. وتتراوح درجة حرارة نهاية جذع الكباس بين 100°C و 150°C. وينشأ عن هذا الفرق الكبير في درجات الحرارة اختلاف كبير في مقدار التمدد الحراري لرأس الكباس عنه لجذعه. كما يؤدي تجمع المعدن بقدر أكبر عند رأس الكباس إلى تمدد حراري أكثر شدة في اتجاه صرة مسمار الكباس.
نظرا لأن الأسطوانة تتمدد بدرجة أقل من تمدد الكباس، بسبب انخفاض درجة حرارتها عن درجة حرارة الكباس وكذلك لاختلاف مادتها عن مادة الكباس، فلذلك يراعى تركيب الكباس بخلوص مناظر لفرق التمدد حتى يمكن تجنب إتلاف غشاء زيت التزليق. ولكي يحتفظ بالخلوص اللازم للتركيب في أضيق الحدود وأن يكون للكباس خلوص واحد في كل الأوضاع وعند كل ظروف التشغيل تتخذ الإجراءات التالية:



٨٢ – ١ الأجزاء والأبعاد الرئيسية للكباس. يقاس قطر الكباس عند نهاية الجذع وفي اتجاه عمودي على محور مسمار الكباس.



٨٢ – ٢ توزيع درجات حرارة تشغيل كباس من سبيكة ألومنيوم لمحرك رباعي الأشواط.
يبين الشكل العلوي توزيع درجات الحرارة على رأس الكباس، أما الأشكال الجانبية فتوضح توزيع درجات الحرارة على جذع الكباس.



٨٣ - ١ تمكن الخراطة الخشنة أو تمشيط شفة الحريق من تصغير خلوص التركيب ومنع لصب (زرجنة) الكباس (التصاقه بالأسطوانة).

٨٣ - ٢ كباس بجذع كامل لا توجد به شقوق وهو جاسئ، ويناسب المحركات ذات الإجهادات الميكانيكية والحرارية العالية، مثل محركات الديزل والمحركات ثنائية الشوط.

٨٣ - ٣ كباس بجذع ذي شق. يتميز هذا الكباس بوجود شق في مجرى حلقة كشط الزيت. ويتفرع منه شق ثان يمتد حتى نهاية الجذع أو ينتهي قبلها بقليل. يجب تركيب الكباس بحيث يقع الشق في الجهة الأقل ضغطا على جانب الكباس. وقد بطل استعمال هذا الشكل من الكباسات في التصميات الحديثة.

٨٣ - ٤ كباس بحامل حلقات (شتابر). في حالة تعرض مجرى الحلقة العليا للكباس لتحميل حراري مرتفع، يدعم هذا المجرى بصب طبقة تقوية لحلقة العليا من حديد الزهر الرمادي الخاص وبذلك يطول عمر الكباس. وتستعمل هذه الكباسات في محركات الجرارات ومحركات الديزل المستخدمة في تشغيل المركبات والمجهدة حراريا بدرجة كبيرة.

٨٣ - ٥ كباس مرن. كباس ذو جذع رقيق الجدار، يلائم شكل الأسطوانة ذاته عند ارتفاع درجة الحرارة، لذلك يمكن تركيبه بخلوص صغير.

- تستعمل غالبا سبيكة من الألومنيوم والسليكون كمادة لتصنيع الكباسات.
- يخلخ الكباس في اتجاه رأسه بتحدب (منبعج) أو بشكل مخروطي (مسلوب) إلى قطر أصغر.
- يخرط الكباس بشكل بيضاوي المقطع بحيث يكون قطره في اتجاه صرة مسمار الكباس أقل من قطره في الاتجاه المتعامد مع محور الصرة.
- تصب شرائح من الفولاذ أو من حديد الزهر الرمادي في الكباس، وتعمل هذه على إعاقة التمدد الحراري.
- تصب شرائط من الفولاذ في الكباس لتحقيق المحافظة على الشكل الصحيح للكباس بتأثير الازدواج المعدني عند ارتفاع درجة الحرارة.
- تخرط حزوز دقيقة بشفة الحريق (شكل ٨٣ – ١). وتسمى هذه العملية بالتمشيط، وهذا يؤدي إلى ضغط المعدن من النتوءات إلى التجاويف عند التسخين الشديد، وتمشط شفة الحريق لكباسات محركات الديزل فقط.

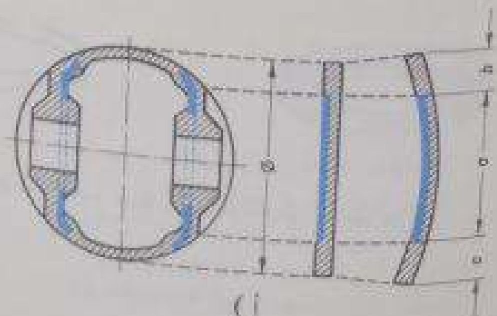
أنواع الكباسات: تتنوع الكباسات بتنوع الإجهادات المؤثرة عليها، وكذلك نتيجة اختلاف الإجراءات المتخذة للتغلب على المعدل الكبير للتمدد الحراري للمعادن الخفيفة. وأهم أنواع الكباسات مبينة في الأشكال (٨٣–٢ إلى ٦ و ٨٤ – ١ إلى ٢).

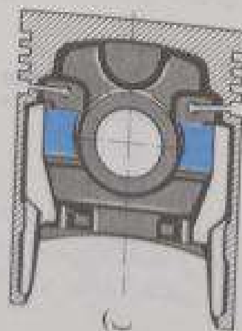
٨٣ - ٦ كباس ذو شريط فولاذي، معروف بكباس أوتوثرميك أو أوتوثرماتيك.

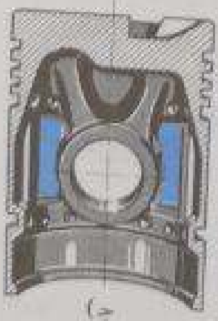
أ) يصب شريط فولاذي في جزء صرة مسمار الكباس من الداخل، ويكون هذا مع طبقة سبيكة الألومنيوم الملاصقة له إزدواجا معدنيا. وعند ارتفاع درجة الحرارة يتقوس الازدواج المعدني، ويتغير البعد a تغيرا طفيفا، بينما يتغير كل من البعدين b و c بما يناظر القدد الحراري لمادة الكباس.

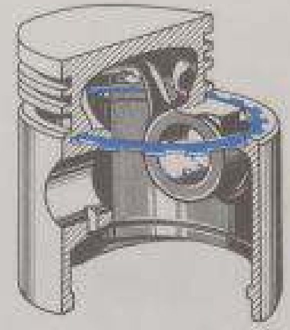
ب) غالبا ما تنتج حديثا الكباسات ذات الشرائط الفولاذية «أوتوثرميك» بجذع كامل، ويؤدي وجود شق في مجرى حلقة كشط الزيت، إلى تقليل انتقال الحرارة من منطقة الحلقات إلى جذع الكباس.

ج) يتشابه الكباس الأوتوثرماتيك في تركيبه، مع الكباس الأوتوثرميك، ولا ينقص فيه سوى الشق العرضي. وتستعمل الكباسات ذات الشرائط الفولاذية في محركات أوتو ومحركات ديزل.

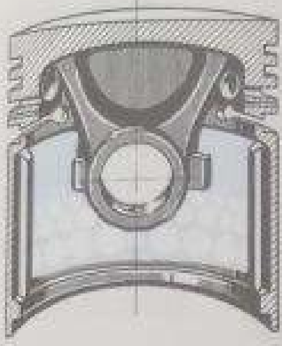

أ)


ب)


ج)



٨٤ - ١ كباس بشريط حلقي، تصب حلقة مقفلة ومسننة من الخارج من الفولاذ تحت مجرى حلقة كشط الزيت مباشرة. وتعمل هذه الحلقة على إعاقة تمدد الكباس.



٨٤ - ٢ كباس بشريط مثقب. يصب شريط مثقب في جذع الكباس. ويمكن مواءمة تمدد الكباس مع توزيع درجة الحرارة في جذعه عن طريق عمل ثقوب خاصة. ويكون هذا الكباس قليل الضوضاء أثناء التشغيل.

معالجة السطح الخارجي للكباس (حماية سطح الاحتكاك): يتصف الألومنيوم بخواص تزليق أردأ من تلك التي لحديد الزهر الرمادي. ويمنع غشاء الزيت عادة، التلامس المباشر بين الأسطوانة والكباس. أما في الفترة الأولى لإدارة المحرك - وكذلك عند تشغيل المحرك في ظروف تزليق رديئة - فيمكن أن يحدث تلامس معدني مباشر مما يؤدي إلى لصب (زرجنة) الكباس (التصاقه بالأسطوانة). ويمكن التقليل من خطر لصب الكباس، بطلائه بطبقة واقية. ويجب أن تتوافر لتلك الطبقة الخواص الآتية:

- خواص تزليق أحسن من تلك التي للألمونيوم.
- مقاومة كافية للبلى مع خواص التصاق جيدة.
- درجة حرارة انصهار عالية قدر الإمكان.
- تزليق ذاتي جيد.
- قدرة جيدة على تشرب (تخزين) الزيت.

كانت الكباسات في الماضي تطلى بطبقة من القصدير. إلا أن الرصاص أصبح يستخدم حديثا كطبقة واقية، إذ تتميز بارتفاع درجة حرارة انصهاره، التي تبلغ 327°C، مقارنة بدرجة حرارة انصهار القصدير، التي تبلغ 232°C. ويتراوح سمك طبقة الطلاء بين 0,002 mm و 0,004 mm.

وتشكل طبقة الغرافيت أفضل أنواع الطبقات الواقية، فيطلى الكباس بطبقة من الغرافيت بعد تمثيش سطحه. ويستخدم البلاستيك كمادة رابطة. ويتراوح سمك هذه الطبقة بين 0,02 mm و 0,04 mm؛ وهي تعادل عشرة أمثال سمك الطبقة المعدنية. ونظرا للارتفاع النسبي لتكاليف التغليف بطبقة غرافيت، فإنها تستعمل بالدرجة الأولى لكباسات محركات الديزل.

وظائف حلقات الكباس (الشنابر):

تؤدي حلقات الكباس (الشنابر) الوظائف الثلاث التالية:

- منع تسرب الغازات من غرفة (حيز) الاحتراق إلى علبة المرفق.
- منع وصول زيت التزليق إلى غرفة الاحتراق.
- توصيل الحرارة من رأس الكباس إلى جدار الأسطوانة.

تنقسم حلقات الكباس تبعا لوظائفها المختلفة إلى نوعين:
حلقات إحكام الانضغاط وحلقات كشط الزيت، كما تشترك حلقات الانضغاط في عملية تنظيم استهلاك زيت التزليق. وتستعمل عادة حلقتا انضغاط أو ثلاث حلقات انضغاط وحلقة كشط زيت واحدة لمحركات أوتو. أما بمحرك الديزل فيستعمل عدد أكبر من الحلقات.
ويجب أن يكون تلامس حلقات الكباس مع جدار الأسطوانة جيدا لضمان الإحكام (منع التسرب) بصورة جيدة، ولهذا يجب أن تتصف هذه الحلقات بالمرونة مع الاحتفاظ بخواص انزلاق جيدة، وقد أثبت حديد الزهر الرمادي الخاص جدارته كمعدن في هذا المجال. وتتعرض حلقة الانضغاط العليا لأصعب ظروف التحميل، الناتجة عن سوء التزليق وارتفاع درجة الحرارة، وكذلك لتعرضها للصدأ. ويمكن طلاء حلقة الانضغاط بطبقة من الكروم، لتقليل معدل البلى بحلقة الانضغاط والحلقات الواقعة تحتها مباشرة، بالإضافة إلى تقليل معدل بلى الأسطوانة. وتبلغ فتحة اتصال حلقات الكباس نحو 0,2 mm، مما يتيح لهذه الحلقات المرونة الكافية للانفراج.





٨٤ - ٣ حلقة كشط زيت مصنوعة من رقائق فولاذية، يضمن نابض انضغاطي، استمرار ملامسة الحلقات الفولاذية لسطح الأسطوانة في كل نقطة على محيطها، أما الحلقة المتموجة فتضمن استقرار الحلقات في مجاريها.





٨٤ - ٤ تصميمات خاصة لحلقات مصنوعة من شرائط فولاذية.

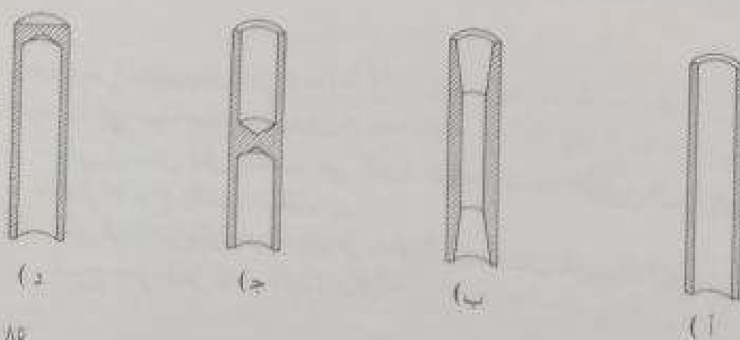
ويحد من تسرب الغازات خلالها في نفس الوقت. وغالبا ما تركب حلقات كباسات المحركات رباعية الأشواط بحيث تكون الزاوية بين فتحة اتصال كل حلقتين متتاليتين 180°. وبذلك تتحقق إعاقة أكبر لتسرب الغازات. أما في المحرك ثنائي الشوط، فتثبت حلقات الكباس في مجاريها بمسامير تمنع دوران الحلقة، وحتى لا تمسك فتحة اتصال إحدى الحلقات بإحدى شقوق الأسطوانة عند مرور الكباس بها.

تصميمات خاصة: يمكن إدارة المحركات — التي يزيد معدل استهلاكها للزيت وتنخفض نسبة انضغاطها — إدارة اقتصادية ولفترة إضافية طويلة، عن طريق تركيب حلقات كشط زيت مصنوعة من رقائق فولاذية (شكل ٨٤ – ٣). ويبين شكل (٨٤ – ٤) تصميمات أخرى لحلقات مصنوعة من أشرطة فولاذية. وتركب هذه الحلقات في مجاريها، إما في ترتيب بشكل طبق، أو في ترتيب متواز ومتجاور.

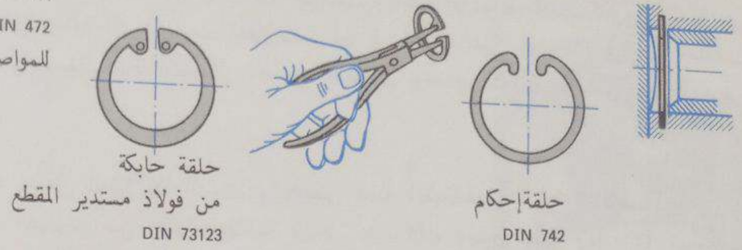
أشكال حلقات الكباس:

شكل مقطع حلقة الكباس	التسمية	خصائص الحلقة
	حلقة ذات مقطع مستطيل (حلقة انضغاط)	تصميم عادي
	حلقة عليا أو مستدقة	سريعة الاستقرار (التليين) نظرا لضيق سطح تحميلها. تتمتع بكفاية عالية لمنع التسرب وكشط جيد للزيت. تركب في المجرى العلوي أو في المجريين العلويين.
	حلقة ذات مقطع مستطيل بشطب داخلي	يميل سطح احتكاك (تحميل) الحلقة قليلا في الحالة المشدودة، مما ينتج عنه آثار (فعالية) مشابهة للحلقة السابقة أعلاه.
	حلقة ذات مقطع شبه منحرف	يحدث تغير مستمر لخلوص المجرى، نتيجة لأي حركة في الاتجاه القطري لحلقة الكباس وبذلك يمنع تراكم الزيت المتفحم على حواف المجاري.
	حلقة ذات مقطع أنفي	يؤدي صغر سطح الاحتكاك إلى تحسين فعالية كل من منع التسرب وكشط الزيت.
	حلقة كشط زيت مشطوبة	ذات فعالية جيدة في كشط الزيت. لاينكشط الزيت من سطح جدار الأسطوانة عند صعود الكباس.
	حلقة ذات شق للزيت	تصميم عادي لحلقة كشط الزيت
	حلقة مشطوبة الحواف ذات شق للزيت	يزداد ضغط تحميل الحلقة على سطح الأسطوانة بسبب صغر سطح التحميل، فتزداد فعالية كشط الزيت.
	حلقة زيت مجهزة بنابض إتساعي (تجهيزة انفراج)	يعمل نابض إتساعي على زيادة ضغط الحلقة على سطح تحميل الأسطوانة. ويكون سمك الحلقة المصنوعة من حديد الزهر الرمادي قليلا.
	حلقة زيت ذات شق ونابض أنبوبي (حلزوني)	يضغط النابض أنبوبي الشكل على حلقة الزيت الرقيقة ذات الشق، ضد سطح تحميل الأسطوانة

مسمار الكباس: ينقل مسمار الكباس القوة المؤثرة على الكباس إلى ذراع التوصيل. وهو يتعرض أساسا لإجهاد حني. تؤثر ضغوط سطحية على سطح انزلاق مسمار الكباس عندما تكون حركته الانزلاقية ضئيلة، ولاسيما عندما يكون التزليق رديئا، لذا يحتاج مسمار الكباس إلى قلب متين وسطح صلد. ويتحقق ذلك باستعمال فولاذ ذي سطح مصلد، على أن يكون فولاذ غير سبائكي، أو سبائكي فقير في عناصره السبائكية. وفي نفس الوقت، تتطلب قوى التسارع الكبيرة خفة وزن مسمار الكباس (شكل ٨٥ – ١). كما أن التغير المستمر للإجهادات المؤثرة على مسمار الكباس، يجعل من الضروري تصغير خلوص مسمار الكباس مع جودة عالية جدا لكل من سطح مسمار الكباس وسطح صرته. ويتراوح الخلوص بين مسمار الكباس وصرته لمحركات أوتو من 0,003 mm إلى 0,007 mm. ويقل مقدار الخلوص عن ذلك في محركات الديزل. ولبلوغ هذه القيم المنخفضة للخلوص، ينتج مسمار الكباس وصرته ثم يزوجا معا في المصنع



٨٥ – ١ تصميمات مختلفة لمسمار الكباس:
أ) مسمار كباس بثقب أسطواني نافذ.
ب) مسمار كباس بثقب نافذ ونهايتين مخروطيتين.
جـ) مسمار كباس بثقب مسدود في الوسط
د) مسمار كباس ...



٨٦ - ١ إحكام مسمار الكباس بواسطة حلقة إحكام طبقا للمواصفات DIN 472 . وفي الرسم حلقة حابكة مصنوعة من فولاذ النوابض طبقا للمواصفات DIN 73123 .

المنتج ، ويميزا بنفس اللون منعا لحدوث أي تبديل . ويزداد الخلوص بين مسمار الكباس وصرته عند ارتفاع درجة حرارة الكباس أثناء التشغيل . ويطلق على المسمار الذي يمكن دورانه في ثقب النهاية الصغرى لذراع التوصيل اسم مسمار كباس عائم التحميل .

ويمكن تسهيل تركيب مسمار الكباس بتسخين الكباس إلى درجة حرارة تتراوح بين 60°C و 80°C ، بوضعه فوق مسطح تسخين أو بغمره في زيت نظيف ساخن .

وإذا لم يكن مسمار الكباس ثابتاً في عروة ذراع التوصيل ، يجب إحكامه ضد الإزاحة المحورية . ويتم هذا بتركيب حلقة إحكام أو حلقة حابكة (شكل ٨٦ - ١) . ويتم إدخال هذه الحلقات في حزوز صرة مسمار الكباس ، ولا بد من استعمال زردية خاصة أثناء عملية التركيب .

تركيب الكباس . يورد الكباس من المصنع جاهزا للتركيب . وتنتج كباسات الاستبدال - في حالات الإصلاح - بمقاسات أكبر من المقاس الأصلي ويبلغ فرق الأقطار بين كل مقاسين متتاليين 0,5 mm . وعند تركيب كل كباس يجب الانتباه إلى استعمال المسمار الخاص به ، إذ يجب أن ينطبق اللون المميز للكباس مع لون مسمار الكباس . ويجب استعمال زردية حلقات الكباس ، لتركيب أو سحب هذه الحلقات ، منعا للإنفراج الشديد للحلقات . ويجب مراعاة اتجاه التركيب لبعض الكباسات ، مثال ذلك الكباس ذو الجذع المشقوق والكباس ذو صرة لاوسطية (مرحّلة عن الوسط) وكذلك الكباسات المختلفة للمحركات ثنائية الشوط . ويوجد على هذه الكباسات سهم محدد على رأس الكباس يبين اتجاه المقدمة . ويركب الكباس بحيث يشير السهم إلى اتجاه السير .

وقبل تركيب الكباس يجب تنظيف تجويف الأسطوانة وكذلك الكباس ، عند مواضع الحلقات والجذع ثم تزيت هذه الأجزاء . وبعدها يولج الكباس . ويستعمل طوق خاص لحماية حلقات الكباس عند الإيلاج .

الملخص :

- تنتج الكباسات من حديد الزهر الرمادي (حاليا نادرة الاستعمال) ، أو من سبيكة ألومنيوم تحتوي على سليكون بنسبة تبلغ 12% أو 18% أو 24% ، أو من سبيكة ألومنيوم تحتوي على 4% نحاس و 2% نيكل (حاليا نادرة الاستعمال أيضا) .
- أجزاء الكباس هي : رأس الكباس وشفة الحريق ومنطقة الحلقات وجذع الكباس وصرة مسمار الكباس .
- يتم التغلب على مشاكل التمدد الحراري العالي للألومنيوم بالوسائل التالية :
مزج الألومنيوم بمواد أخرى (سبائك ألومنيوم) ، وتصميم الكباس بشكل مخروطي أو محدب أو بيضاوي ، وصب حلقات من الفولاذ أو من حديد الزهر الرمادي من شأنها إعاقة التمدد ، والتشيط .
- يجب التفريق بين الأنواع الآتية من الكباسات : كباس بجذع كامل بدون شق ، وكباس بجذع ذي شق ، وكباس ذو شريط فولاذي ، وكباس بحامل حلقات (شنابر) ، وكباس بشريط حلقي ، وكباس بشريط مثقب وكذلك كباس مرن .
- تتحسن خواص الانزلاق للكباس المصنوع من المعادن الخفيفة (سبائك الألومنيوم) ، بطلائه بطبقة من القصدير أو الرصاص أو بتغطيته بطبقة من الغرافيت .
- وظائف حلقات الكباس هي : منع تسرب الغازات من غرفة (حيز) الاحتراق ومنع وصول الزيت إلى غرفة الاحتراق وكذلك توصيل الحرارة من الكباس إلى جدار الأسطوانة .
- أهم أشكال حلقات الكباس هي : حلقة ذات مقطع مستطيل (حلقة انضغاط) - حلقة عليا أو مستدقة - حلقة ذات مقطع مستطيل بشطب داخلي - حلقة ذات مقطع شبه منحرف - حلقة ذات مقطع أنفي - حلقة كشط زيت مشطوبة - حلقة ذات شق للزيت ، وكذلك حلقة مشطوبة الحواف ذات شق للزيت .
- يصنع المسمار بقلب متين وسطح صلد ، ولذا فسطحه الخارجي مصلد .
- يجب الانتباه إلى تطابق اللون المميز للكباس ولمسمار الكباس عند تركيب الكباس .

أسئلة :

١ - ما هي وظائف الكباس؟
٢ - من أي المواد تصنع الكباسات؟
٣ - بأي الوسائل يمكن التغلب على القيمة المرتفعة للتمدد الحراري للكباسات المصنوعة من المعادن الخفيفة؟
٤ - أذكر الأنواع المختلفة للكباسات .
٥ - بأي الوسائل يمكن تحسين خواص الانزلاق للكباسات المصنوعة من المعادن الخفيفة (الألومنيوم) ؟
٦ - إشرح معنى إسم كباس (أوتوثرميك) ؟



٨٧ – ١ ذراع التوصيل، يكون جزءا بطانة (لقم) محمل النهاية الكبرى لذراع التوصيل قابلين للاستبدال، وتكون مسامير الربط المستعملة من نوع المسامير الملولبة المقاومة للكلال التي تربط بمفتاح عزم مقنن، حتى يمكن المحافظة على القيمة المحددة لخلوص بالمحمل.

٨٧ – ٢ النهاية الصغرى لذراع توصيل قامطة لمسمار الكباس. ليس ضروريا هنا إحكام مسمار الكباس ضد حركته المحورية.

٧ – ماهي وظائف حلقات الكباس؟
٨ – ماهي أنواع حلقات الكباس؟
٩ – لماذا يجب إحكام حلقات كباس المحركات ثنائية الشوط ضد الدوران؟
١٠ – كيف يكون ترتيب فتحات الاتصال (وصلة الشنبر) بالنسبة لبعضها عقب التركيب؟
١١ – ماهي التصميمات المختلفة لمسمار الكباس؟
١٢ – ماالذي يجب ملاحظته عند تركيب الكباس؟

٤ – ١ – ٤ – ٣ ذراع التوصيل

وظائف ذراع التوصيل:

- وصل الكباس بعمود المرفق،
- نقل القوة من الكباس إلى عمود المرفق،
- توليد عزم لي على عمود المرفق،
- تحويل الحركة الترددية للكباس إلى حركة دورانية.

الإجهادات المؤثرة على ذراع التوصيل:

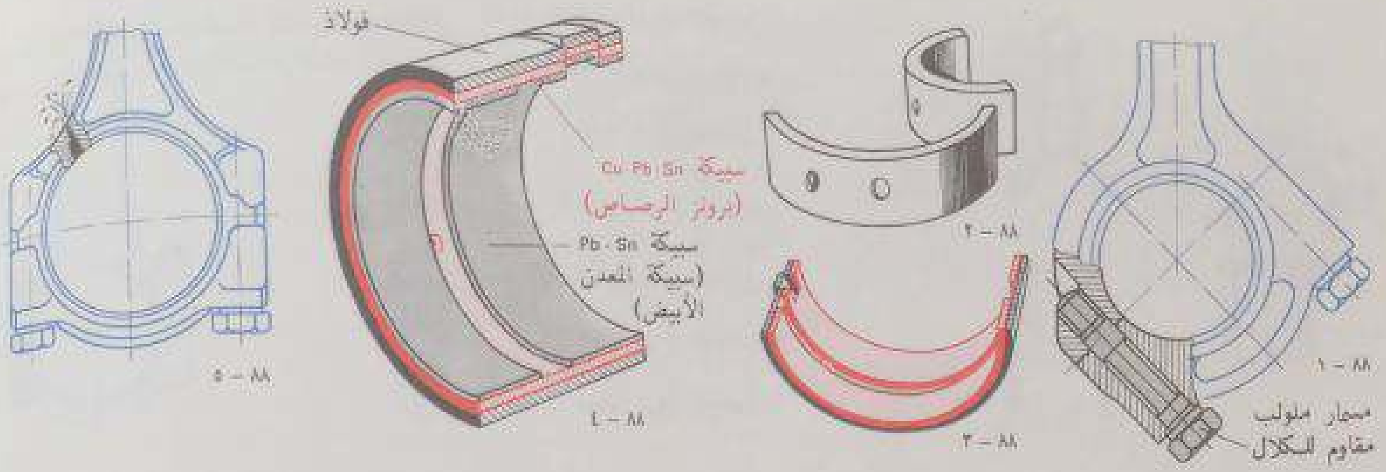
- إجهاد ضغط ينشأ عنه خطر انبعاج ذراع التوصيل، بسبب القوة الكبيرة المؤثرة على الكباس (تتراوح بين 20 kN و 30 kN لسيارات ركوب الأشخاص)، وبسبب طول ذراع التوصيل.
- إجهاد شد، وهو ينتج عن قوى القصور الذاتي الكبيرة للكباس.
- احتكاك في المحامل

الخواص الواجب توافرها في ذراع التوصيل:

- مقاومة عالية لإجهاد الانبعاج.
- مقاومة عالية لإجهاد الشد.
- خفة الوزن وتساوي أوزان كل أذرع التوصيل بالمحرك الواحد ما أمكن ذلك.
- خواص انزلاق جيدة للمحامل.

معادن (مواد صنع) أذرع التوصيل: تتطلب الإجهادات العالية والمتغيرة، المؤثرة على ذراع التوصيل صنع هذا الذراع من فولاذ مصلد ومطبع (حراريا)، وغالبا مايتم صنعه من سبائك الفولاذ المحتوية على الكروم والموليبدنوم أو المنغنيز والسليكون. ويشكل ذراع التوصيل بواسطة الحدادة بالمطرقة الساقطة ثم يتبع ذلك تشغيله على المكنات.

أجزاء (مكونات) ذراع التوصيل (شكل ٨٧ – ١). يتكون ذراع التوصيل من النهاية الصغرى لذراع التوصيل مع جلبتها والساعد (الذراع) والنهاية الكبرى لذراع التوصيل مع الغطاء وكذلك من المحمل ومسامير الربط الملولبة.



٨٨ – ١ النهاية الكبرى لذراع التوصيل مقسمة بقطع مائل. يستوجب القطر الكبير لمحمل ذراع التوصيل في محركات الديزل تقسيم النهاية الكبرى لذراع التوصيل بشكل مائل، حتى يمكن سحب ذراع التوصيل إلى أعلى من خلال الأسطوانة عند فكه.

٨٨ – ٢ محمل أحادي الطبقة أو مصمت الجدار وهو مصنوع من سبيكة الألومنيوم. ويمتاز بموصلية حرارية جيدة وخواص انزلاق جيدة. ويصلح هذا النوع من الحامل للتحميل الخفيف فقط.

٨٨ – ٣ محمل ثنائي الطبقة أو ثنائي المعدن. تُصب أو تُصفح طبقة تحميل رقيقة من البرونز – أو من المعدن الأبيض أو من معدن خفيف – على قشرة تدعيم من الفولاذ. وتُعمل بروزات تثبيت بجزئي جلبة المحمل (اللقم) لإحكامها ضد الإزاحة المحورية أو الدوران.

٨٨ – ٤ محمل ثلاثي الطبقات أو ثلاثي المعدن. تُصب أو تُصفح طبقة من البرونز سمكها 0,5 mm على قشرة تدعيم من الفولاذ سمكها 1,5 mm، ثم ترسب طبقة تحميل من المعدن الأبيض كهربائيا سمكها 0,02 mm. ويمكن أن تتولى طبقة البرونز مهام الطبقة المواجهة للدوران في حالة بلى طبقة المعدن الأبيض جزئيا أو كليا، لما لها من خواص تحميل اضطراري (تزليق ذاتي) جيدة.

٨٨ – ٥ ثقب زيت معاير المقاس في المحمل السفلي لذراع التوصيل (النهاية الكبرى).

النهاية الصغرى لذراع التوصيل: يركب مسمار الكباس بداخل النهاية الصغرى لذراع التوصيل وتقوم الجلبة المصنوعة من البرونز والمكبوسة في النهاية الصغرى بتحسين خواص الانزلاق.

ويتم تزليق مسمار الكباس من الزيت المتساقط من رأس الكباس، والذي يصله من خلال ثقب النهاية الصغرى لذراع التوصيل. ويرتكز مسمار الكباس عادة في محمل عائم، وفي هذه الحالة يمكن تركيبه يدويا دون استعمال أية عدد. وتستخدم أحيانا نهاية صغرى قامطة (شكل ٨٧ – ٢). وفي هذه الحالة يكون ساعد ذراع التوصيل مشقوقا عند نهايته الصغرى. ويستعمل مسمار ملولب لقمط مسمار الكباس. ويجب أن يكون الخلوص بين النهاية الصغرى لذراع التوصيل وصرة مسمار الكباس في الحدود بين 1 mm و 3 mm، حتى يتاح للكباس اتخاذ وضعه الصحيح في وسط الأسطوانة، وحتى لايؤدي التمدد الحراري أو تفاوت أبعاد التشغيل إلى ملامسة الكباس لسطح الأسطوانة في وضع مائل.

ساعد ذراع التوصيل: يكون مقطع ساعد ذراع التوصيل على شكل I. ويمتاز هذا المقطع بمقاومة كبيرة للتحديب، كما يسمح بتدرج انتقال مناسب للساعد إلى كل من النهايتين الصغرى والكبرى لذراع التوصيل.

النهاية الكبرى لذراع التوصيل (شكل ٨٧ – ١): تحيط هذه النهاية بالمسمار المتحرك لعمود المرفق. وتصنع من نصفين بمحامل انزلاق في المحركات رباعية الأشواط. ولتسهيل التركيب تقسم النهاية الكبرى أحيانا، بعمل قطع مائل على ساعد ذراع التوصيل (شكل ٨٨ – ١) ويسمى الجزء السفلي للنهاية الكبرى بالغطاء، وهو يثبت بمسامير ملولبة تتحمل الإجهادات العالية. وتستعمل لهذا الغرض مسامير ملولبة مقاومة للكلال معالجة حراريا ولاتحتاج لأي إحكام إضافي. أما في المحركات ثنائية الشوط فتستعمل محامل متدحرجة. حينئذ لاتقسم النهاية الكبرى لذراع التوصيل.

ويجب أن تتمتع محامل ذراع التوصيل بخواص انزلاق جيدة وخواص دوران اضطراري (تزليق ذاتي) ومقاومة عالية لإجهادات الضغط والبلى وموصلية حرارية جيدة. وتستعمل حاليا محامل بلقم قابلة للاستبدال عوضا عن المحامل المصبوبة من سبيكة المعدن الأبيض. وتصنع المحامل إما من طبقة واحدة (محمل مصمت الجدار) (شكل ٨٨ – ٢) أو من طبقتين (شكل ٨٨ – ٣) أو من ثلاث طبقات (شكل ٨٨ – ٤). وتنتج المحامل ذات الطبقة الواحدة (المحامل مصمتة الجدار) من سبيكة ألومنيوم. إلا أنه يغلب استعمال محامل من طبقتين أو من ثلاث طبقات. وتسمى هذه المحامل بمحامل ثنائية أوثلاثية المعدن (أشكال ٨٨ – ٢ إلى ٤).

وتتكون جلب (لقم) محامل محركات الديزل من قشرة تدعيم من الفولاذ مبطنة بطبقة من البرونز والرصاص كمادة تحميل. ويمكن تحسين خواص بدء الدوران بها، بطلائها بطبقة رقيقة من المعدن الأبيض. ولايؤثر بلى هذه الطبقة على خلوص المحمل بدرجة كبيرة. وتعتبر هذه المحامل ثنائية الطبقة. أما في المحركات عالية التحميل، فتستعمل محامل ثلاثية الطبقات أو ثلاثية المعدن (شكل ٨٨ – ٤).

بزوده المحامل ذات اللقم القابلة للاستبدال وهي في حالة صالحة للتركيب، كما أنها تنتج بأبعاد أكبر من مقاس قطرها الاسمي (خلوص للزيت). ولايجوز إعادة تشغيل أسطح تحميلها، ويتم تزليق المحمل في النهاية الكبرى لذراع التوصيل بواسطة ثقب في عمود المرفق.

وتوجد في المحمل مجار دائرية مهمتها استيعاب الزيت. وفي بعض محركات المركبات الآلية، تزود النهاية الكبرى لذراع التوصيل بثقب معاير القياس أو بثقبين يحقن الزيت من خلالها على جدران الأسطوانة، ومنها إلى رأس الكباس (شكل ٨٨ – ٥).

إصلاح (تجديد) ذراع التوصيل: عندما يكبر خلوص جلبة النهاية الصغرى أو في حالة تلف الجلبة ذاتها، يركب ذراع التوصيل على مكبس وتزال جلبة المحمل باستعمال تجهيزه طرد (شياق طرد)، ثم تكبس جلبة جديدة. ويجب الانتباه بشكل خاص إلى تركيب ثقوب الزيت في وضعها الصحيح.

كما يجب التأكد من عدم انحناء ذراع التوصيل أو التوائه قبل التركيب، لأن انحناء أو التواء الذراع يؤديان إلى ميل الكباس تجاه سطح الأسطوانة. ويؤدي هذا بدوره إلى بلى مفرط. وتستعمل أجهزة اختبار وضبط خاصة لاختبار أو ضبط ذراع التوصيل، إلا أنه يفضل عدم استعمال ذراع توصيل معاد ضبطه، لأن الإجهادات الناشئة عن الحني تتحرر عند درجات الحرارة المرتفعة وتحني ذراع التوصيل – في غالب الأحيان – مرة أخرى إلى وضعه السابق، أي قبل الضبط. ولايجوز مطلقا استعمال التسخين لإعادة ضبط ذراع التوصيل.

وعند بلى محامل النهاية الكبرى لذراع التوصيل أو بلى مسامير المرفق بدرجة كبيرة، تركب عوضا عنها محامل بديلة. وتورد هذه المحامل بشكل تام التصنيع وبالمقاس المطلوب أو بمقاس قطر أكبر. ومن ناحية أخرى تركب قشرة التدعيم الفولاذية بإجهاد مسبق. ولايجوز استعمال المسامير الملولبة المقاومة للكلال أكثر من مرة واحدة. ولاختبار مقدار الإجهاد المسبق، يفك مسمار من مسامير النهاية الكبرى ثم يقاس الخلوص بواسطة مجس، وتقارن نتيجة القياس بقيمته المحددة من قبل الشركة المنتجة. وإذا كان الخلوص أكبر من المسموح به، فيجلخ شطرا جلبة المحمل. أما إذا كان الخلوص أقل من المسموح به فيجلخ غطاء المحمل.

وإن لزم استبدال ذراع التوصيل، فيجب التأكد من صحة وزنه. ويجب ألا يتعدى التجاوز في وزن ذراع التوصيل لسيارات ركوب الأشخاص عن حدود 5g. أما في الشاحنات فيقع التجاوز في حدود 10g. وتجلخ النهاية الكبرى لذراع التوصيل لتقليل وزنه عند الضرورة.

الملخص:

- يتعرض ذراع التوصيل لإجهادات الضغط والانبعاج والشد. كما يتعرض إلى إجهاد احتكاكي عند مواضع التحميل.
- يصنع ذراع التوصيل من فولاذ سبائكي مصلد ومطبع حراريا. ويتكون ذراع التوصيل من النهاية الصغرى والساعد والنهاية الكبرى.
- يتكون محمل النهاية الصغرى من جلبة غير مقسمة، مكبوسة في ثقب النهاية الصغرى.
- في محامل النهايات الكبرى لأذرع التوصيل تستعمل جلب تدعيم من الفولاذ تصنع غالبا من تصفيح وتكون مبطنة بالمعدن الأبيض أو البرونز أو بالألومنيوم، أو بالبرونز مع المعدن الأبيض.
- يحظر إعادة ضبط (استعدال) ذراع التوصيل على الساخن.
- تربط مسامير ذراع التوصيل بمفتاح ذي عزم مقنن.

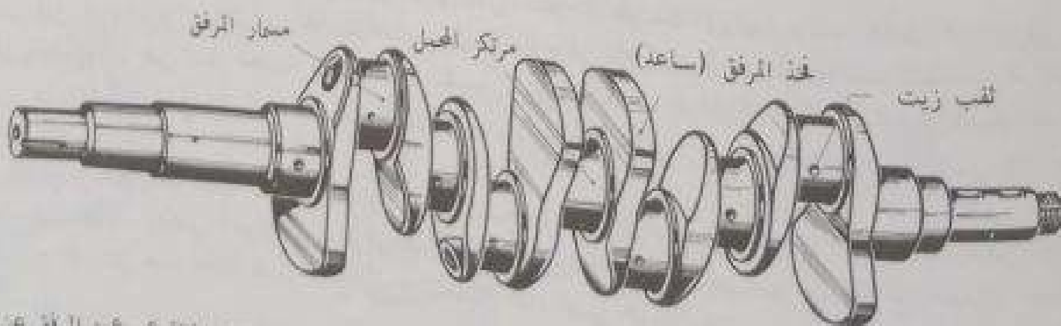
أسئلة:

١- ما هي وظائف ذراع التوصيل؟
٢- ما هي الإجهادات التي يتعرض لها ذراع التوصيل؟
٣- ما هي أنواع المحامل المستعملة للنهاية الكبرى لذراع التوصيل في محركات أوتو ومحركات ديزل؟
٤- ما الذي يجب مراعاته عند تركيب جلب محامل ذراع التوصيل؟

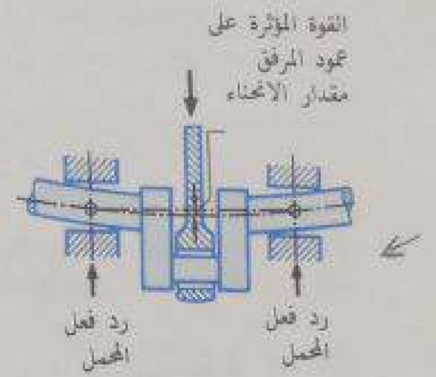
٤-١-٤-٤ عمود المرفق (شكل ٨٩ – ١)

وظائف عمود المرفق: عمود المرفق عبارة عن عمود معقوف (مثنى) بزوايا قائمة في أكثر من موضع. ووظائفه هي:

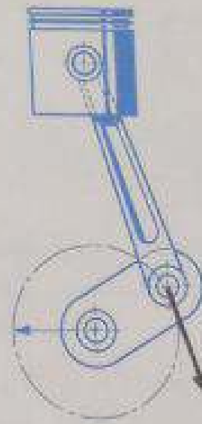
- توليد الحركة الدائرية.
- توليد عزم الدوران ونقله إلى القابض.



٨٩ – ١ عمود مرفق لمحرك ذي أربع أسطوانات وخمسة محامل، يؤدي استعمال خمسة محامل إلى دوران هادئ وإلى إطالة عمر عمود المرفق عن أعمار أعمدة المرفق ذوات الثلاث محامل والتي كانت تستعمل في الماضي.



٩٠ – ١ تؤدي القوة المؤثرة على عمود المرفق إلى حني العمود.



٩٠ – ٢ عزم الدوران المؤثر على عمود المرفق. يزداد عزم الدوران بزيادة نصف قطر حذافة المرفق (ذراع القوة) وبزيادة القوة المؤثرة.



٩٠ – ٣ تمتاز أعمدة المرفق المصبوبة بخواص دوران جيدة ومقاومة عالية للبلى، وهي تساعد على تخميد الاهتزازات. كما يمكن إنتاجها بتكاليف أقل. ويستدعي ضعف مقاومة الإجهادات النسبي لهذه الأعمدة زيادة أبعادها لتعويض هذا الضعف.
(عمود المرفق المبين في الصورة لم يتم إنهاء تشغيله بعد).

- تلقي القوى المؤثرة على الكباسات ونقلها إلى المحامل.
- تثبت به الحذافة التي تستعمل كمثبت للقابض.
- إدارة تروس التحكم ومضخة ماء التبريد ومولد التيار الكهربائي والمروحة ومضخة الحقن إن وجدت.

الإجهادات المؤثرة على عمود المرفق.

- إجهاد الحناية (شكل ٩٠ – ١). يتوقف مقدار حناية عمود المرفق على قطره والبعد بين المحامل.
- إجهاد الالتواء (شكل ٩٠ – ٢). تعتمد زاوية الالتواء على كل من طول عمود المرفق وقطره.
- الاهتزاز الالتوائي. وهو يتوقف على مادة تصنيع عمود المرفق وطوله وقطره.
- الاحتكاك في مواقع المحامل.

الخواص الواجب توافرها في عمود المرفق:

- مقاومة الحناية.
- مقاومة الالتواء.
- مقاومة البلى.
- خواص انزلاق جيدة.

معادن عمود المرفق: يصنع عمود المرفق من الفولاذ (شكل ٨٩ – ١) أو من حديد الزهر ذي الغرافيت الكروي (شكل ٩٠ – ٣). ولتحقيق المتطلبات العالية لمقاومة الإجهادات، يستعمل غالبا فولاذ سبائكي. وتصلد أسطح مرتكزات العمود (الأطراف المحملية للعمود) وأسطح مسامير (بنوز) المرفق في بعض أعمدة المرفق، وخصوصا تلك الخاصة بمحركات الديزل.

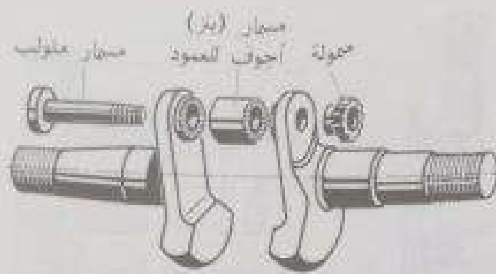
صنع عمود المرفق: تشكل أعمدة المرفق الفولاذية بواسطة الحدادة بالمطرقة الساقطة، ثم تخرط أماكن المحامل خرطا أوليا وتثقب قنوات الزيت.

وتصلد أعمدة المرفق وتطبع حراريا أو تصلد أسطح مواضع المحامل ثم تجلخ على أبعادها النهائية، وبعد إتمام تشغيلها تجرى عملية موازنة لأعمدة المرفق (أنظر ص ٩١). وتخرط مواضع المحامل لأعمدة المرفق المصبوبة خراطة أولية، ثم تجلخ على الأبعاد النهائية وتعقب ذلك عملية موازنتها.

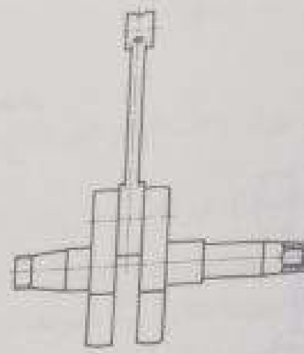
شكل عمود المرفق (شكل ٨٩ – ١): يعتمد شكل عمود المرفق على عدد الأسطوانات وترتيبها وعدد محامل عمود المرفق وعلى تتابع الإشعال. ويتحدد طول عمود المرفق تبعا لترتيب الأسطوانات. وتتميز أعمدة مرفق المحركات ذوات الأسطوانات المتقابلة والمحركات التي على شكل ٧، بقصرها وخفة وزنها عن تلك الخاصة بالمحركات المستقيمة. وتقع مرتكزات المرفق للمحركات رباعية الأسطوانات في مستوى واحد، بينما تكون هذه المرتكزات في المحركات سداسية الأسطوانات مزاحة عن بعضها بزاوية قدرها 120°، مما يجعل إنتاج هذه الأعمدة أكثر صعوبة وأغلى ثمنا.

ويكون عمود المرفق في المحركات ثنائية الشوط مقسوما بحيث يسمح بتركيب أذرع توصيل ذوات نهايات كبرى غير مقسمة وكذلك محامل متدحرجة غير مجزأة. وتكبس أجزاء عمود المرفق معا (شكل ٩١ – ١) أو تربط بمسامير ملولبة مع استعمال مسننات جانبية (هيرث) (شكل ٩١ – ٢). وفي هذه الحالة يجب تجميع أذرع التوصيل أثناء تجميع عمود المرفق.

تحميل عمود المرفق: يثقب عمود المرفق لتزليق محامله. ويصل الزيت المدفوع بواسطة مضخة الزيت إلى المحامل المختلفة من خلال هذه الثقوب. ويصمم أحد المحامل بحيث يتحمل القوى المحورية، وعلى الأخص تلك الناشئة عن القابض. ويقع محل الازواج هذا إما



٩١ - ٢ عمود مرفق بمسننات هيرث (جانبية). ويتوقف عدد الأسنان على القطر الخارجي، وتربط الأجزاء كلها معا بواسطة مسامير ملولبة.



٩١ - ١ عمود مرفق لمحرك دراجة نارية ذي أسطوانة واحدة. يتكون عمود المرفق من عدة أجزاء مكبوسة مع بعضها. ويركب ذراع التوصيل - المحمل على محامل أسطوانات - في موضعه قبل كبس الأجزاء. ولا يصلح هذا العمود - الذي يتكون من أجزاء بسيطة - إلا للمحركات الصغيرة.

عند جانب أخذ (نقل) القدرة أو في وسط عمود المرفق. أما المحامل الأخرى فيوجد بها خلوص محوري ليعادل التغير في طول العمود، الناشئ عن التمدد بالتسخين وتفاوت الأبعاد أثناء الإنتاج. وتناظر المحامل في تصميمها محامل أذرع التوصيل، ما عدا محامل الزواج، التي تشكل أطرافها بشفاه بحيث ينتج سطحا تحميل (احتكاك)، لتلقي القوى المحورية (شكل ٩١ - ٢).

موازنة عمود المرفق: يدور عمود المرفق في محركات السيارات (الإنتاج العادي) بسرعة تبلغ نحو 100 دورة في الثانية. لذلك فإن أي اختلاف في توزيع الكتل يؤدي إلى توليد ارتجاجات شديدة عند هذه السرعة العالية. ولتفادي ذلك تتم موازنة أعمدة المرفق قبل تركيبها. وهذا يعني تحقيق توزيع منتظم للأوزان. ويفرق في هذا المجال بين الموازنة الاستاتية والموازنة الديناميكية.

تتم موازنة عمود المرفق إستاتيا أولا ثم ديناميا (حركيا). وتبين التجربة (شكل ٩١ - ٤) أنه لا يكفي تساوي الثقلين لتحقيق الموازنة، بل يجب تقابل وضعيهما. ويمكن تحديد مقدار وموقع عدم التوازن على مكنات الموازنة. ويتم موازنة عمود المرفق بثقب فتحات في لحمة (ساعد) توازن المرفق.

مخمد الاهتزازات (رادعة الذبذبات): تتحول قوى الكباس الصدمية - عبر ذراع التوصيل - إلى عزم لي على عمود المرفق، مما يؤدي إلى دوران عمود المرفق، الذي يهتز للخلف عند انعدام تأثير عزم اللي. نتيجة لذلك تنشأ اهتزازات لي.

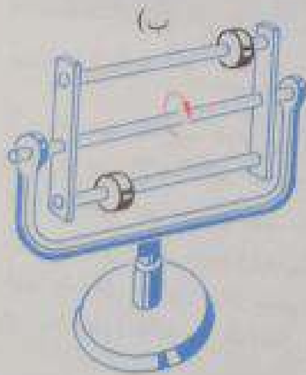
فإذا تساوى عدد الصدمات (أشواط القدرة أو الشغل) في وحدة الزمن مع تردد الذبذبة (عدد الذبذبات الطبيعية) لعمود المرفق (قارن مثلا نبضات الزند نتيجة تأرجح السفينة)، فإنه من الممكن أن تشتد الاهتزازات عند هذا التردد إلى حد يؤدي إلى كسر عمود المرفق.

ويسمى هذا التردد بالتردد الحرج. ويركب أحيانا مخمد اهتزازات في مقدمة عمود المرفق لمنع الكسر الذي قد يحدث فيه بسبب اهتزازه الذاتي (أشكال ٩٢ - ١ و ٩٢ - ٢).

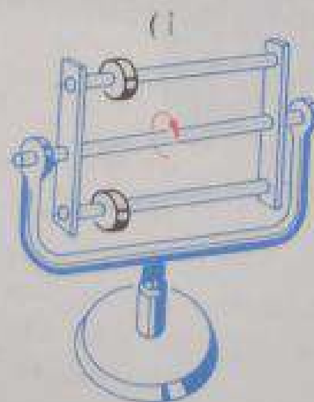
الحذافة: تتصل الحذافة بعمود المرفق، وتؤدي الوظائف التالية:

- تخزين الطاقة من الشوط الفعال إلى الأشواط غير الفعالة التي تليه، وبذلك يتحقق هدوء دوران المحرك، خاصة في المحركات أحادية الأسطوانة.
- يثبت بها الترس الحلقي الخاص ببادئ تشغيل المحرك.

٩١ - ٤ أ و ب) موازنة عمود المرفق. يوجد بالشكل إطار قابل للدوران يحمل ثقلين منزلقين. وإذا تساوى الثقلان، فإن الإطار يظل ساكنا، بغض النظر عن وضع الثقلين، أي سواء كانا في وضع متقابل كما في (شكل أ) أو في وضع متباعد كما في (شكل ب) ويكون الإطار هنا متوازنا إستاتيا. وعند إدارة الإطار بسرعة فإن دورانه لا يكون هادئا، إلا إذا كان الثقلان في وضع متقابل، كما في (شكل أ). وفي هذه الحالة يكون الإطار متوازنا ديناميا. أما في حالة تباعد وضع الثقلين، كما في (شكل ب)، فيصاحب دوران الإطار ارتجاج شديد. أي أن الإطار يكون غير متوازن ديناميا.

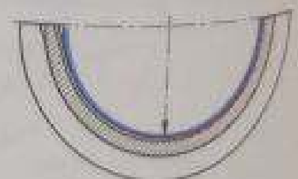


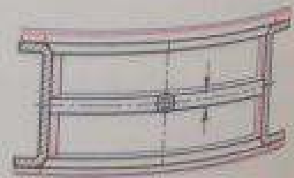
ب)

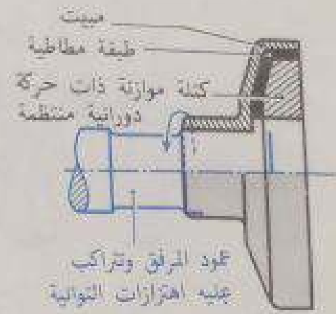


أ)

٩١ - ٣ يحافظ محمل الازواج أو المحمل الرئيسي على عمود المرفق في وضعه المحدد، ويتحمل كل القوى المحورية.



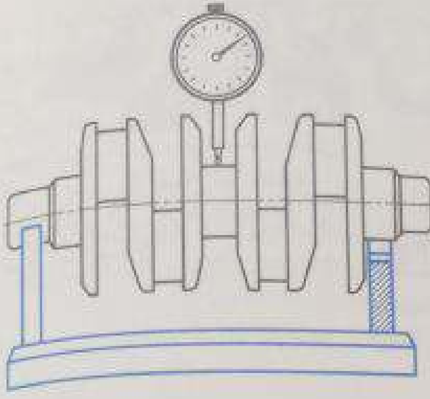




٩٢ - ١ مخمد اهتزازات (رداعة ذبذبات) بسيط من المطاط. تتولد حركات تقدم وتأخر لعمود المرفق نتيجة اهتزازات الَّلي. إلا أن الحذافة تستمر في الدوران المنتظم نتيجة قصورها الذاتي. وبذلك تنشأ حركة تبادلية بين الحذافة وعمود المرفق يمتصها الاحتكاك الداخلي للمطاط. ويؤدي هذا إلى تخميد اهتزازات اللي.



٩٢ - ٢ مخمد اهتزازات ببطانة احتكاك. تتكون كتلة الموازنة من قرصين يضغطان - بواسطة نابض - ضد بطانة احتكاك متصلة بعمود المرفق بواسطة شفة. وتخمد اهتزازات اللي الناتجة عن القصور الذاتي لقرصي الموازنة.



٩٣ - ٣ عدم انتظام محورية (تمركز) عمود المرفق. لإجراء هذا الاختبار، يوضع عمود المرفق على موشوري ارتكاز، ثم يدار ببطء ويختبر مدى عدم انتظام المحورية بواسطة ساعة قياس خاصة.

- يحدد عليها علامات ضبط الصمامات وضبط الإشعال.
- يركب داخلها القابض.

وتصنع الحذافة من الفولاذ أو من حديد الزهر الرمادي الخاص.

إصلاح عمود المرفق: بعد فك عمود المرفق من المحرك، يركب على مخرطة ويختبر عدم انتظام محوريته بواسطة ساعة قياس خاصة (شكل ٩٢ - ٣). وإذا وجد فيه عدم انتظام ضئيل، فإنه يمكن إعادة ضبط (استعدال) عمود المرفق بمكبس على البارد. ولا يجوز استعمال الحرارة أثناء إعادة الضبط، لأن هذا يؤثر على درجة صلادة عمود المرفق.

وتفحص مواضع تركيب الحامل بالنسبة لوجود خدوش سطحية، كما تدقق مقاساتها واستدارتها بواسطة ميكرومتر. وإذا ظهرت عيوب ما، فيجب إعادة تجليخ الحامل على مكنة تجليخ أعمدة المرفق. ويجب الانتباه إلى عدم نزع الطبقة الصلدة بكاملها أثناء التجليخ. ثم تستبدل جلب الحامل بأخرى ذات قطر أصغر. وتنظف ثقوب الزيت بالكيروسين وتنفخ بعد ذلك بالهواء المضغوط. ويؤدي انسداد ثقوب الزيت إلى انعدام التزليق، وبالتالي إلى لصب (زرجنة) الحامل.

ويجب وضع علامات لتحديد موضع ارتكاز الحذافة قبل فكها من المحرك. فإذا وجد بعض الزائش بأسنان الترس الحلقي فيجب إزالته. كما يجب استبدال الترس الحلقي بآخر جديد، إذا ظهر في أسنانه بلى شديد. وإن وجدت خدوش على سطح الضغط لقرصي القابض، وجبت إعادة تجليخ هذا السطح.

الملخص:

- ينشأ عزم لي على عمود المرفق، ينتقل منه إلى القابض. وبالاضافة إلى هذا فتثبت الحذافة على عمود المرفق، الذي يدير كلا من تروس التحكم ومضخة الماء ومولد التيار الكهربائي والمروحة، وكذلك مضخة الحقن في محركات الديزل.
- يجب أن يتميز عمود المرفق بمقاومته لحنايته والالتواء والبلى وكذلك بخواص دوران جيدة.
- يصنع عمود المرفق من الفولاذ أو حديد الزهر ذي الغرافيت الكروي. ويتم تصليد مواضع تركيب الحامل باستخدام اللهب أو بالتيارات الكهربائية الحثية.
- تدور أعمدة المرفق التي تكون محملة بعد كل حذفة (مرفق) بهدوء أكثر، كما يطول بذلك عمرها.
- تستعمل أعمدة مرفق مقسمة في المحركات ثنائية الشوط، مما يتيح تركيب الحامل المتدحرجة (أسطينات).
- يجب موازنة أعمدة المرفق إستاتيا وديناميا.
- يعمل مخمد الاهتزازات (رادعة الذبذبات) على منع حدوث الاهتزازات الالتوائية.
- يجب فحص عمود المرفق المفكوك بالنسبة لعدم انتظام المحورية والاستدارة ووجود تعرجات ودقة الأبعاد.

أسئلة:

١ - ما هي وظائف عمود المرفق؟
٢ - ما هي الإجهادات الواقعة على عمود المرفق؟
٣ - ما هي الخواص الواجب توافرها في معدن عمود المرفق؟
٤ - من أي المواد تصنع أعمدة المرفق؟
٥ - ما معنى «التوازن الإستاتي»؟
٦ - ما معنى «التوازن الديناميكي»؟

٧ - لماذا يستعمل محمل ازواج في تحميل عمود المرفق؟
٨ - ما هي وظائف مخمد الاهتزازات؟
٩ - ما هي وظائف أقراص الموازنة؟
١٠ - ما هي أعمال الإصلاح المعطية التي تجرى لأعمدة المرفق المصابة بالعطب؟

٤-١-٥ ضبط توقيت الصمامات (التوقيت) في المحركات رباعية الأشواط

يطلق تعبير التوقيت في المركبات الآلية على التحكم في الغازات. أما التحكم في اتجاه سير المركبة وتغييره فيطلق عليه إسم التوجيه. وظيفة مجموعة التوقيت بالمحرك؛ إن الوظيفة الأساسية لمجموعة التوقيت هي السماح لخليط الوقود والهواء بالدخول إلى أسطوانة المحرك وكذلك السماح لغازات الاحتراق بالخروج منها في التوقيت الصحيح. وعادة ما يتم التوقيت في المحركات ثنائية الشوط بواسطة المكبس، الذي يقفل أو يفتح الفتحات الموجودة بالأسطوانة في الوقت الصحيح.

أما في المحركات رباعية الأشواط فيتم التوقيت بواسطة الصمامات. ويتحدد مسار حركة الصمامات بواسطة عمود الحدبات والأصبع الغاز وأذرع دفع الصمامات والروافع القلابة ونوابض الصمامات.

ترتيب الصمامات: يفرق بين نوعين من أنواع التحكم في الصمامات، يتحدد كل منهما من خلال ترتيب الصمامات:

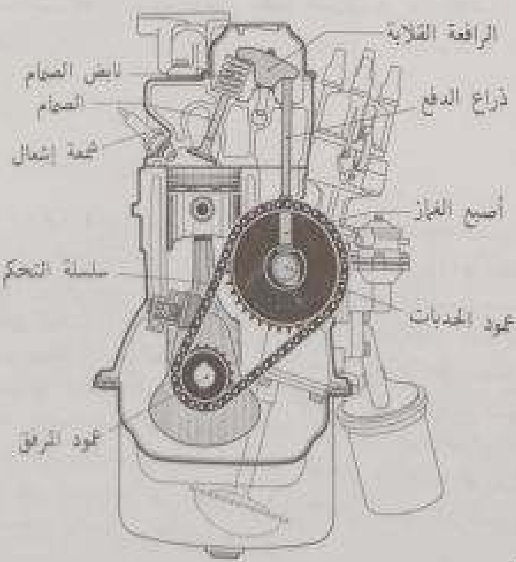
صمامات ذات تحكم سفلي (شكل ٩٣ - ١) يسبب هذا الترتيب رداءة حيز الاحتراق، لهذا بطل استعماله في المحركات الحديثة.

صمامات ذات تحكم علوي (٩٣ - ٢) وتسمى في أحيان كثيرة بالصمامات المعلقة، ويستعمل هذا الترتيب عادة في المحركات الحديثة. وفي هذه الحالة يمكن أن يقع عمود الحدبات إلى أعلى، فوق رأس الأسطوانات أو إلى أسفل، في علبة المرفق. وعندما يقع عمود الحدبات أسفل، يتم تشغيل الصمامات بواسطة الأصبع الغماز وذراع الدفع والرافعة القلابة. أما عندما يقع عمود الحدبات من أعلى، فيتم تشغيل الصمامات بواسطة الرافعة القلابة أو الرافعة المتأرجحة.

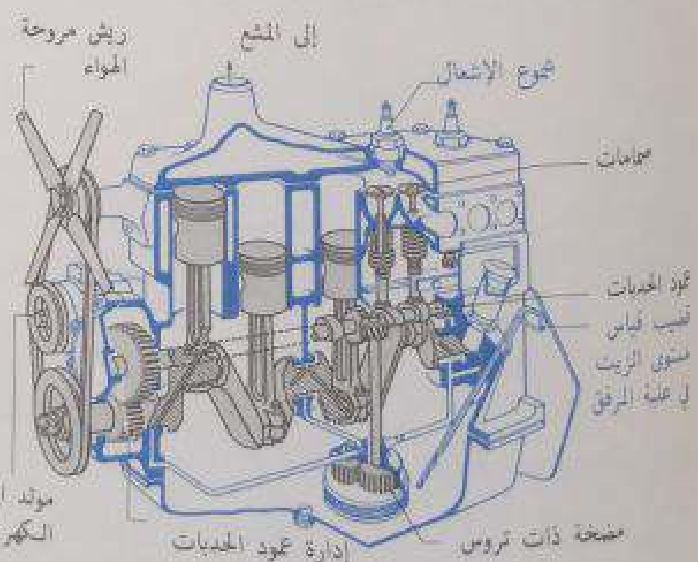
٤-١-٥-١ أجزاء مجموعة التوقيت

الصمامات (شكل ٩٤ - ١): يخص كل أسطوانة من أسطوانات المحرك رباعي الأشواط صمامان على الأقل؛ صمام الدخول، الذي يتحكم في دخول الشحنة النقية (الخليط)، وصمام الخروج، الذي يتحكم في خروج غازات العادم.

يتكون الصمام من رأس الصمام وساق الصمام. ويساعد سطح الازواج المخروطي الذي يشكله رأس الصمام على ضبط تركز الصمام، كما يتيح إحكاماً جيداً ضد تسرب الغازات. وتبلغ زاوية مقعد الصمام عادة °45. وتسمى الاستدارة بين رأس الصمام وساقه بالعنق وهو يهيئ ظروفاً مناسبة لسريان الغازات. ويساعد ساق الصمام على توجيهه، كما تسري الحرارة من خلاله إلى دليل الصمام. ويثبت جزءا مخروط الصمام - اللذان يمسكا بالنابض القرصي - في حز الصمام. ونظراً لأن سرعة دخول الشحنة النقية أقل من سرعة خروج غازات العادم؛ فإن رأس صمام الدخول يكون أكبر من نظيره في صمام العادم.



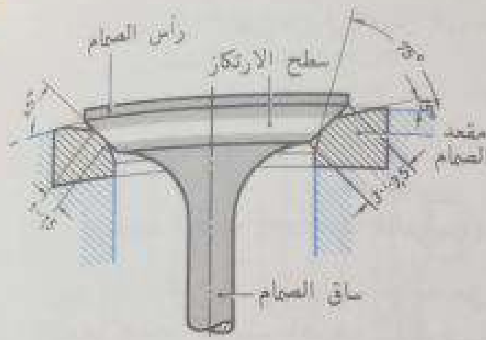
٩٣ - ٢ صمامات ذات تحكم علوي. تقع الصمامات في الجانب الآخر، أي أعلى المستوى المار بالنقطة الميتة العليا، وذلك عند النظر من جهة عمود المرفق. ولا يلعب وضع عمود الحدبات (الكامات) أي دور في تحديد نوع التحكم.



٩٣ - ١ صمامات ذات تحكم سفلي. تقع الصمامات أسفل المستوى المار بالنقطة الميتة العليا، وذلك عند النظر من جهة عمود المرفق.

٩٤ - ١ تشكيل الصمامات: تشكل الصمامات بالحدادة، ويتبع ذلك تشغيلها على المكنات. وتتم تقوية صمامات العادم (بتغطيتها بطبقة من سبيكة لحام) قبل انهاء تشغيلها. وفي حالات عديدة يتم تصليد حز الصمام، ونهاية الساق ومقعد صمام الدخول بواسطة التيارات الحثية.





٩٤ - ٢ مقعد صمام. زاوية المقعد قدرها °45. ويؤدي الشطبان °15 و °75 إلى تحسين ظروف تدفق الغازات.

وتتعرض الصمامات لأحمال ميكانيكية صدمية (ضغط وشد وحني) وكذلك لتأثيرات حرارية عالية، إذ تصل درجة حرارة التشغيل في صمام الدخول إلى نحو 350°C، أما في صمام العادم فتصل إلى نحو 700°C (أحمر كرزي قاتم). وعند درجات الحرارة العالية هذه يتعرض الصمام للتآكل بالصدأ. كما يُجهد ساق الصمام إلى جانب ذلك نتيجة احتكاكه مع دليله.

وعلى ذلك يخضع اختيار مواد الصمامات - وخاصة صمامات العادم - لشروط قاسية ليمكنها مقاومة الاجهادات الحرارية، ومقاومة التقشر بالاحتراق، ومقاومة التآكل بالصدأ وتهيئة موصلية حرارية عالية إلى جانب خواص تزليق عالية. وليس من الممكن تحقيق هذه الشروط إلا باستعمال سبائك معدنية خاصة. وتستعمل سبيكة الفولاذ المضاف إليه كروم وسليكون ومنغنيز لصمامات الدخول وصمامات العادم (الخروج) منخفضة التحميل. أما صمامات العادم عالية التحميل فتصنع لها سبيكة من الفولاذ المضاف إليه كروم ونيكل وسليكون. ولوقاية مقعد صمام العادم من الصدأ والاحتراق، يقوّى مقعد الصمام بتغطيته بطبقة لحام سطحية من سبيكة خاصة (شكل ٩٤ - ١).

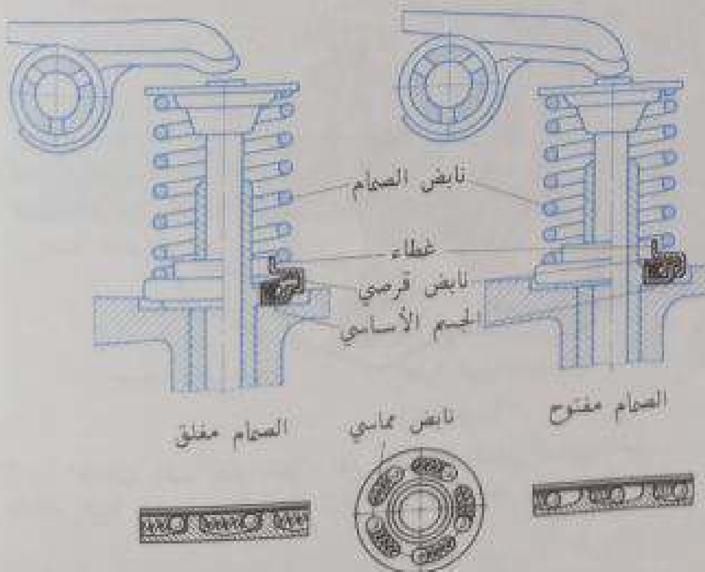
ومن الخصائص التي تتمتع بها الصمامات ذات الجذع المجوف أو الصمامات المملوءة بالصوديوم هي جودة موصليتها الحرارية، إلا أنه نظرا لارتفاع ثمنها فإنها لا تستعمل سوى في المحركات ذات القدرات العالية والمحركات متعددة أنواع الوقود المستعمل وفي محركات الطائرات. وتنتج الصمامات مزدوجة المعادن بلحام الساق مع قرص الصمام لحاما تناكبيا. وتفي هذه الصمامات بالشروط المختلفة الواجب توافرها في ساق الصمام وقرصه بدرجة أفضل.

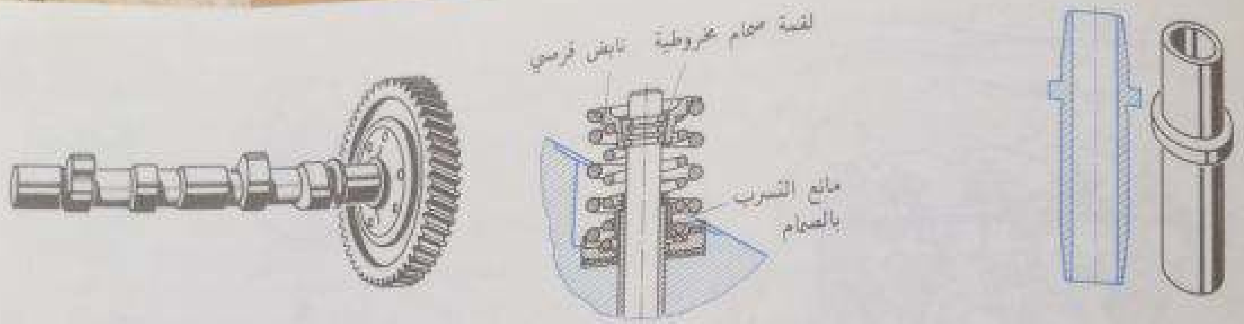
ويؤدي تبطين جبهة قرص الصمام أو مقعده بطبقة من الألومنيوم إلى منع تكوّن قشور الاحتراق، ومن ثم إلى إطالة عمر الصمام.

تركيبة (تجهيزة) تدوير الصمام (شكل ٩٤ - ٣): إن التسخين غير المنتظم لقرص الصمام، وتكوّن طبقة من الفحم على ساق الصمام، أو عدم الإحكام الناتج عن وجود رواسب الاحتراق القشرية، تشكل هذه كلها خطرا على عمر الصمامات، وعلى الأخص صمامات العادم. ويمكن الحد من هذا الخطر وإطالة عمر الصمام باستعمال تركيبة (تجهيزة) تدوير الصمام.

مقعد الصمام (٩٤ - ٢): يصدم قرص الصمام عند مقعده بمعدل 30 إلى 50 صدمة في الثانية، وبقوة تصل إلى نحو 600 N. ولمنع دق الصمامات يجب تصليد معدن مقعد الصمام بدرجة خاصة. فيفرّز مقعد الصمام أو يُخرط مباشرة في رؤوس الأسطوانات المصنوعة من حديد الزهر الرمادي. أما رؤوس الأسطوانات المصنوعة من المعادن الخفيفة (سبائك الألومنيوم) وبعض من تلك المصنوعة من حديد

٩٤ - ٣ تركيبة (تجهيزة) تدوير الصمام. هناك جيوب متعددة بمسارات مائلة في الجسم الأساسي. ويحتوي كل جيب على كرة فولاذية ونابض مماسي. ويرتكز نابض قرصي على الحافة الداخلية لجسم الأساسي مستندا في نفس الوقت على الكرات. وتغلق التركيبة بواسطة الغطاء. فعند فتح الصمام يضغط النابض القرصي بقوة على الكرات ويجبرها على التدحرج في مسارها المائل ثم يتدحرج هو الآخر فوقها. يدور الغطاء مع النابض القرصي نتيجة الاحتكاك بينهما. وتنقل الحركة الدورانية المذكورة إلى الصمام من خلال نابض الصمام والنابض القرصي والأجزاء المخروطية. وعند غلق الصمام يتلاشى تحميل النابض القرصي فتندفع الكرات دون أن تتدحرج راجعة إلى موضعها الأصلي.





٩٥ - ١ تصنع أدلة الصمامات من حديد الزهر الرمادي الخاص أو من سبائك النحاس والقصدير، وتورد جاهزة للتركيب. ولا تحتاج إلى أي تشغيل لاحق في معظم الأحيان.

٩٥ - ٢ صمام بنابض صمامات مزدوج وغطاء إحكام لمنع تسرب الزيت - أثناء شوط المص (السحب) - إلى غرفة الاحتراق من خلال دليل صمام الدخول، في حالة وجود خلوص كبير في هذا الدليل.

٩٥ - ٣ عمود حدبات (كامات) مثبت مع ترس عمود الحدبات. يوجد بعمود الحدبات حدبة لكل صمام. ويتناوب الوضع الزاوي لحدبات بحيث يناظر تتابع الإشعال. وغالبا ما يدير عمود الحدبات كلا من مضخة الوقود وموزع الإشعال ومضخة الزيت.

الزهر الرمادي فتحتوي على حلقات خاصة لمقعد الصمام، مصنوعة من برونز خاص أو من حديد الزهر الرمادي الخاص وهو عبارة عن سبيكة من حديد الزهر والكروم والموليبدنوم.

كما تتم تقوية مقاعد الصمامات التي تتعرض لإجهادات عالية. وتكبس حلقات مقعد الصمام في أماكنها، أو يتم تركيبها بعد تبريدها تبريدا شديدا.

يتيح سطح مقعد الصمام الضيق إحكاما جيدا، بينما يسمح السطح العريض بانتقال الحرارة بصورة أفضل. وغالبا ما يتم اختيار عرض سطح ارتكاز الصمام من 1,0 mm إلى 2,5 mm.

أدلة الصمامات (٩٥ - ١) : توجه أدلة الصمامات حركة الصمامات، كما أنها تنقل الحرارة من الصمامات إلى رأس الأسطوانات. وتشكل أدلة الصمامات في الأسطوانات المصنوعة من حديد الزهر الرمادي مباشرة في رأس الأسطوانات. وفيما عدا ذلك تركب أدلة صمامات يمكن استبدالها، وتكون مصنوعة من حديد الزهر الرمادي أو من سبيكة النحاس والقصدير في رأس الأسطوانات. وتنتج عن زيادة الخلوص، زيادة في استهلاك الزيت يمكن تقليلها باستعمال مانع تسرب بالصمام. ويركب مانع التسرب في الصمام في بعض المحركات أثناء إنتاجها. ويمكن أيضا تركيبه فيما بعد، عندما يبلى دليل الصمام بقدر يؤدي إلى زيادة استهلاك الزيت.

وعند زيادة بلى الدليل فيتم إما توسيعه بواسطة مسحل (برغل) أو استبداله بآخر. وتستعمل لذلك تجهيزة خاصة للاستبدال.

نوابض الصمام : مهمة نوابض الصمام هي إغلاقه بسرعة. فتتطلب زيادة سرعة المحرك استعمال نابض صمام قوي أو نابضين متداخلين. ويمنع النابض الثاني (شكل ٩٥ - ٢) سقوط الصمامات العلوية (المعلقة) داخل الأسطوانة والإضرار بالمحرك عند انكسار النابض الأول.

تصنع نوابض الصمامات على شكل نوابض حلزونية مصلدة، تخلو سطوحها من المسام والحزوز. كما لا يجوز وجود خدوش فيها.

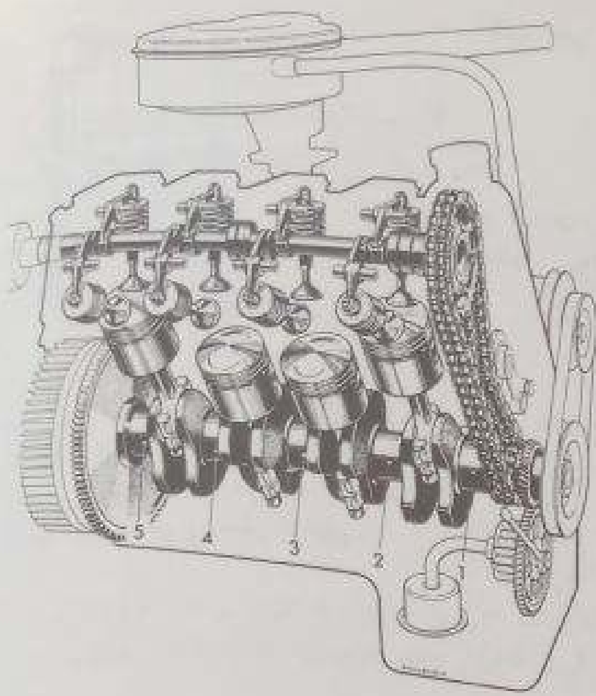
ينقل النابض القرصي قوة غلق نابض الصمام إلى الصمام ذاته عبر الأجزاء المخروطية (شكل ٩٥ - ٢).

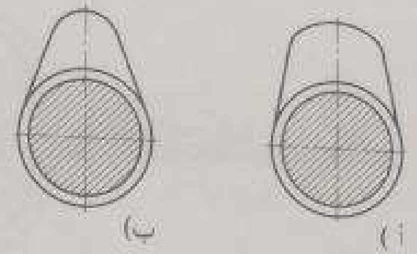
عمود الحدبات (شكل ٩٥ - ٣) : من وظائف عمود الحدبات، فتح الصمامات بالارتفاع المناسب في التوقيت الصحيح، وكذلك ضبط عملية غلق الصمامات. ويحدد شكل الحدبة (شكل ٩٦ - ١) مسار عمليات فتح وغلق الصمامات.

تصنع أعمدة الحدبات بالصب أو بالحدادة بالمطرقة الساقطة لفولاذ سباكي. أما المعادن التي تستخدم لذلك فهي حديد الزهر الرمادي أو حديد الزهر ذو الغرافيت الكروي، وغالبا ما يستخدم حديثا حديد زهر مصلد بالتبريد الفجائي أو حديد الزهر الطروق. تصلد أسطح أماكن تركيب المحامل والحدبات ثم تجلخ، ويستغنى عن التصليد، إذا كان العمود مصنوعا من حديد الزهر المصلد بالتبريد الفجائي.

إدارة عمود الحدبات : تفتح صمامات المحرك رباعي الأشواط أو تغلق مرة واحدة بعد كل دورتين من دورات عمود المرفق. ولذا يجب إدارة عمود الحدبات بنصف سرعة دوران عمود المرفق. ولهذا السبب فإن عدد أسنان ترس عمود الحدبات يساوي ضعف عدد أسنان ترس عمود المرفق. وتعتمد طريقة إدارة عمود الحدبات على موقعه.

• **الإدارة بالتروس** : تستعمل الإدارة بالتروس في حالة قرب محور عمود الحدبات من محور عمود المرفق. وتكون أسنان التروس مائلة حتى تحقق إدارة هادئة. وبوضع علامات على أسنان التروس يسهل تركيب ترسي عمود الحدبات وعمود المرفق في وضعهما الصحيح بالنسبة لبعضهما البعض. وتتطلب الإدارة بالتروس - في حالة الصمامات المعلقة (العلوية) - استعمال أذرع دفع طويلة، وبالتالي كتلة كبيرة للأجزاء المترددة. وعند سرعات دوران المحرك العالية، تزداد قوى تسارع الكتل بحيث لا يمكن غلق الصمامات في التوقيت الصحيح. ولذلك لا تستعمل هذه الطريقة حاليا إلا في المحركات المصفوفة على شكل ٧، وفي المحركات ذات الأسطوانات المتقابلة، حيث يتم تشغيل صمامات صفي الأسطوانات بعمود حدبات واحد.





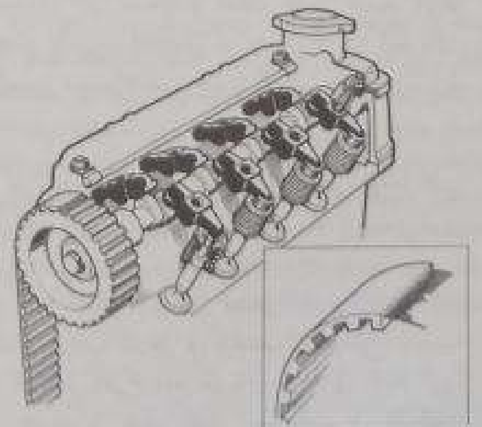
▲ ٩٦ - ١ شكل الحدبة.
أ) يفتح الصمام بسرعة عالية، ويظل مفتوحا لفترة طويلة، وتتعرض أسطح الانزلاق بالحدبة لإجهادات شديدة.
ب) يفتح الصمام ببطء نسبيا ويظل مفتوحا لفترة قصيرة. ويكون الإجهاد الواقع على أسطح الانزلاق بالحدبة أقل.

◄ ٩٦ - ٢ محرك بعمود حدبات علوي. تتم الإدارة بواسطة سلسلة. يتميز هذا التصميم بخفة وزن الكتل المتحركة نتيجة عدم وجود أذرع الدفع، لذلك يمكن غلق الصمامات في التوقيت الصحيح، حتى في المحركات ذات سرعات الدوران العالية.

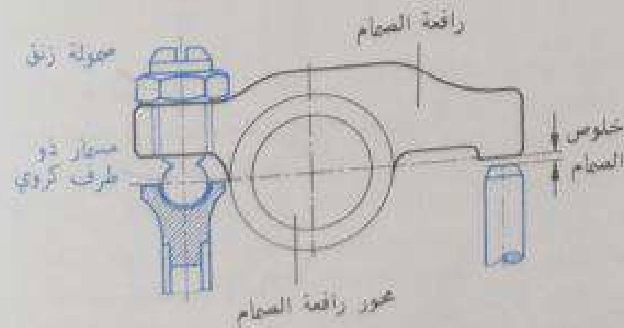
- الإدارة بالسلاسل: وهي مناسبة للاستعمال في حالة ابتعاد محور الحدبات عن محور عمود المرفق. ولتصغير الكتل المتحركة قدر الإمكان، يوضع عمود الحدبات في أعلى موقع بعلبة المرفق (شكل ٩٢ - ٢) أو فوق رأس الأسطوانات (شكل ٩٦ - ٢). ويمكن أن تكون السلاسل أحادية أو مزدوجة ذات أسيطينات متدحرجة (سلاسل دوارة). كما يجب أن تظل هذه السلاسل مشدودة شدا صحيحا دائما. ويتم التحكم في قوى شد السلاسل بواسطة شدّاد سلاسل ذي نابض أو شدّاد سلاسل هيدرولي. وقد كثر حديثا عدد محركات المركبات الآلية المدارة بالسلاسل والمزودة بعمود حدبات علوي يقع فوق المحرك.
- الإدارة بالسيور المسننة (شكل ٩٦ - ٣): تستعمل السيور المسننة لإدارة أعمدة الحدبات العلوية. وهذا النوع من الإدارة ضيق الانتشار، ولا يوجد سوى في أنواع قليلة من المحركات.
- العمود الرأسي: ويستعمل لإدارة عمود الحدبات العلوي بواسطة تروس مخروطية. ويندر استعماله حاليا في المركبات الآلية.

الأصابع الغمازة للصمامات (شكل ٩٣ - ٢): تُرفع الأصابع الغمازة بواسطة الحدبة إلى أعلى وتعود إلى وضعها الأصلي بتأثير قوة نابض الصمام. وتنقل هذه الحركة إلى الصمامات عن طريق أذرع الدفع ورافعات الصمامات، محدثة حركتها الترددية. وتُنقل حركة الأصابع الغمازة مباشرة إلى الصمامات في حالة الصمامات الرأسية. ولا يلزم استعمال أصابع غمازة لعمود الحدبات العلوي. ويتعرض سطح تماس الأصابع الغمازة لاحتكاك شديد. ويميز بين أصبع الغماز طبقي الشكل وأصبع الغماز ذي شكل الكمأة (Mushroom)، تبعا لشكل سطح التماس، إذ يكون سطح تماس الأول مستويا، بينما يكون سطح تماس الثاني محدبا.

ولمنع بلى طبق الأصبع الغماز من جهة واحدة نتيجة احتكاكه المستمر بالحدبة، يركب الأصبع الغماز في وضع مرحّل بالنسبة لحدبة بحيث لا يعاق دورانه. ويتكون الجزء العلوي للأصبع الغماز للصمامات الرأسية من مسمار غماز ذي صمولة مقابلة تسمح بضبط خلوص الصمام.



٩٦ - ٣ الإدارة بالسيور المسننة: يتولى سير مسنن - مصنوع من المطاط المزود ببطانة ليفية - إدارة عمودالحدبات العلوي دون ضوضاء.



٩٦ - ٤ خلوص الصمام: وهو ضروري لموازنة تمدد الصمام عند ارتفاع درجة الحرارة.

ذراع الدفع (شكل ٩٣ – ٢) : يقوم ذراع الدفع بنقل حركة الأصبع الغماز إلى رافعة الصمام، في حالة عمود الحدبات السفلي. ويصنع ذراع الدفع الطويل من أنبوب فولاذي لتقليل الوزن بينما يصنع ذراع الدفع القصير مصمتا. ويكون الجزء السفلي لذراع الدفع على شكل رأس كروي عند موضع اتصاله بالأصبع الغماز، بينما يكون الجزء العلوي على شكل مقعر عند موضع اتصاله بالرافعة القلابة. ويتم تصليد كل من سطح الرأس الكروي والسطح المقعر.

الرافعة القلابة (شكل ٩٦ – ٤) : تنقل الرافعة القلابة الحركة من ذراع الدفع أو من عمود الحدبات إلى الصمام. وتصنع الروافع القلابة من الفولاذ أو بالحدادة بالمطرقة الساقطة، أو تشكل من ألواح فولاذية. وتصلد أسطح تلامسها مع الصمام. ويتم إحكام مسمار الضبط ذا الطرف الكروي المثبت بالنهاية الأخرى للرافعة القلابة ضد الدوران، باستعمال صمولة زنق. وفي حالة وجود عمود حدبات علوي، تركب رافعات تكون محملة (مرتكزة) في إحدى نهايتيها وتسمى بالرافعات المتأرجحة (شكل ٩٣ – ٢) .

خلوص الصمام: يتمدد الصمام أثناء التشغيل نتيجة ارتفاع درجة حرارته. ولكي يغلق الصمام إغلاقا محكما وصحيحا – حتى في الحالة الساخنة – يترك خلوص بين ساق الصمام والرافعة وكذلك بين الساق والأصبع الغماز (شكل ٩٦ – ٤) .

يعتمد الخلوص على تصميم الصمام وعلى طريقة تبريده. ويبلغ قيما تتراوح بين 0,1 mm و 0,4 mm . وكثيرا ما يزيد خلوص صمام العادم عن خلوص صمام الدخول (صمام الحر) .

وإذا كان خلوص الصمام صغيرا، فإن الصمام لا يغلق تماما في الحالة الساخنة، مما يؤدي إلى تسرب هواء غير نقي من خلال صمام العادم، وبالتالي يقل الانضغاط وتنخفض قدرة المحرك. ومن ناحية أخرى تتمكن اللهب من الوصول إلى المكربن من خلال صمام الدخول أثناء شوط القدرة، مما قد يؤدي إلى احتراق المكربن. وإضافة إلى هذا فإن عدم استقرار صمام العادم استقرارا جيدا على مقعده يؤدي إلى انخفاض التبدد الحراري، ومن ثم إلى احتراق صمام العادم.

أما إذا كان الخلوص كبيرا فإن الصمامات لا تفتح بطول الفترة اللازمة وبالاتساع الكافي، مما يؤدي إلى ضعف شحن الأسطوانات ونقص قدرة المحرك، كما تزيد ضوضاء الصمامات.

- الخلوص القليل أكثر خطرا من الخلوص الكبير.

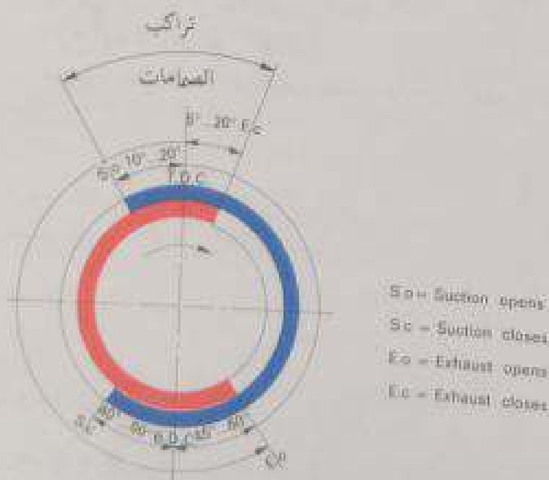
ضبط خلوص الصمام (شكل ٩٧ – ١) : يضبط خلوص الصمام تبعا لتعليمات الشركة المنتجة، ويتم عادة بتدوير مسمار الضبط. وفي المحركات التي يكون لصماماتها رافعات متأرجحة (شكل ٩٣ – ٢ وشكل ٩٦ – ٣) ، فتجرى عملية ضبط الخلوص عن طريق تدوير صمولة الرافعة المتأرجحة للصمام.

يبين المخطط البياني لتوقيت الصمامات (شكل ٩٧ – ٢) أزمنة فتح وقفل كل من صمامي الدخول والعادم لكل دورتين من دورات عمود المرفق، كما يبين توقيت الإشعال.

أعمال الصيانة لمجموعة توقيت المحرك: إذا بيّن جهاز اختبار (قياس) الانضغاط ضغطا منخفضا، فإن ذلك قد يعني أن الصمامات غير محكمة الغلق. وفي هذه الحالة يجب فك الصمام واختبار سطح مقعد الصمام، وكذلك الخلوص بين الصمام ودليله. فإذا تبين تآكل دليل الصمام، فيجب سحبه (فكه) بتجهيزة خاصة. وبعد إيلاج الدليل الجديد يجب سحل (برغلة) الثقب على المقاس المضبوط، إذا



٩٧ – ١ ضبط خلوص الصمام: يقاس خلوص الصمام في معظم المحركات في الحالة الساكنة والباردة. ويجب أن يكون الكباس عند النقطة الميتة العليا (T.D.C) في نهاية شوط الانضغاط قبل بدء القياس. ولإجراء القياس تفك صمولة الزنق برافعة الصمام، ثم يدار مسمار الضبط حتى يمكن إدخال مجس القياس (Feeler Gauge) في الخلوص بقوة معتدلة، بعد ذلك تربط صمولة الزنق. ويجب إعادة اختبار صحة الخلوص بعد الربط، وإعادة عملية الضبط مرة أخرى إذا لزم الأمر. في حالة تحميل رافعة الصمام المتأرجحة على مسمار الرافعة (شكل ٩٣ – ٢) ، يتم ضبط الخلوص بواسطة تدوير صمولة مسمار هذه الرافعة.



٩٧ – ٢ مخطط بياني لتوقيت الصمامات: تمثل أزمنة فتح وغلق الصمامات وكذلك أزمنة التحكم بأقواس لزوايا دوران عمود مرفق. ويحدد شكل الحدبات وترتيبها على عمود الحدبات هذه الأزمنة. ويسمى المجال الذي يكون فيه صماما الدخول والخروج (العادم) مفتوحين معا، بتراكب الصمامات. ويزداد زمن فتح الصمامات في المحركات ذات سرعات الدوران العالية. ويتجاوز زمن الفتح في المحركات عالية التحميل، القيم المتوسطة المحددة.

لزم الأمر. أما في المحركات التي ليس بها أدلة صمامات خاصة، فيتم توسيع الثقب بالسحل (البرغلة) إلى المقاس التالي للصمام. ويبدأ بتشغيل مقعد الصمام بعد الوصول بثقب الدليل إلى القطر الصحيح. وفي حالات التشغيل البسيطة تجلخ مقاعد الصمامات. أما في الحالات الأخرى التي لا يكفي فيها التجليخ، فيجب تشغيل المقاعد على مخرطة مقاعد الصمامات أو على مكنة تفريز. ولأجل ذلك تثبت أداة القطع بشياق خاص (ماسك العدة) لتحقيق تطابق مقعد الصمام ودليله. وبعد خرط مقعد الصمام، يتم تحضينه مع الصمام باستعمال معجون تجليخ. يرفع الصمام من مقعده بعد كل دورة جزئية أثناء عملية التحضين، لمنع تكون أية حزوز. وفي حالة تشغيل مقعد الصمام على المخرطة الخاصة بمقاعد الصمامات، لا يلزم تحضين الصمام مع قاعدته. وإذا كانت مقاعد الصمامات صلدة جداً، فإنها تجلخ بواسطة مكنة تجليخ خاصة بمقاعد الصمامات. وبينما يجب استبدال الصمامات المحترقة، فإنه تجرى خراطة الصمامات المتآكلة بعض الشيء أو تجليخها على مكنات خاصة (أنظر باب ٢).

الملخص:
- وظيفة مجموعة توقيت المحرك هي السماح لخليط الشحنة بالدخول ولغازات العادم بالخروج في التوقيت الصحيح.
- في التحكم السفلي للصمامات، تقع الصمامات أسفل المستوى المار بالنقطة الميتة العليا، وذلك عند النظر من جهة عمود المرفق.
- في التحكم العلوي للصمامات، تقع الصمامات أعلى المستوى المار بالنقطة الميتة العليا، وذلك عند النظر من جهة عمود المرفق. ولا يلعب وضع عمود الحدبات أي دور في هذا الشأن.
- في حالة الصمامات المقواة (المدرعة)، تلحم سبيكة خاصة على سطح مقعد الصمام.
- تبلغ الزوايا عن حلقة مقعد الصمام °15 و °45 و °75.
- يدار عمود الحدبات إما بواسطة تروس أو سلاسل أو سيور مسننة.
- لا حاجة إلى استعمال ذراع دفع في حالة عمود الحدبات العلوي.
- يسبب صغر خلوص الصمام انخفاضاً في الانضغاط، وبالتالي نقصاً في قدرة المحرك، كما يؤدي إلى احتراق صمام العادم وربما أيضاً إلى احتراق المكربن.
- ينشأ عن كبر خلوص الصمام نقص في الكفاية الحجمية (درجة الامتلاء) للأسطوانات وزيادة في ضوضاء الصمامات.
- تتم إعادة تشغيل مقعد الصمام بالخراطة أو التفريز أو التجليخ.

أسئلة:

١ - ما هو معنى «صمامات بتحكم سفلي» و«صمامات بتحكم علوي»؟
٢ - من أي الأجزاء تتكون مجموعة التوقيت بالمحرك؟
٣ - أذكر قيم زوايا مقعد الصمام.
٤ - أذكر طرق إدارة عمود الحدبات.
٥ - ما هي مميزات عمود الحدبات العلوي؟
٦ - ما هو تأثير صغر خلوص الصمام؟
٧ - ما هو تأثير كبر خلوص الصمام؟
٨ - كيف يتم ضبط الصمامات؟
٩ - ما هي مميزات تركيبة تدوير الصمام؟
١٠ - إشرح وظائف نوابض الصمام.
١١ - ما هي المعلومات التي يمكن استنتاجها من المخطط البياني لتوقيت الصمامات؟

٤ - ١ - ٦ الوقود

يحتاج محرك الاحتراق الداخلي إلى مادة قابلة للاحتراق أي إلى الوقود كي يولد القدرة. ويستعمل عادة بنزين أو وقود ديزل في محركات المركبات الآلية. ويتم الحصول على هذه من تقطير النفط.

أصل تكوين النفط: ترسبت طبقات سميكة من بقايا كائنات حية صغيرة في قاع البحار على فترات زمنية طويلة، وتحولت هذه الرواسب إلى حمأة متعفنة بتأثير البكتيريا. وتحت تأثير الضغط العالي ودرجات الحرارة المرتفعة، حدث تحول كيميائي أدى إلى تحول هذه الحمأة إلى نفط يستخرج حالياً من أعماق تصل إلى 6000 m. ولاستخراج هذا النفط يلزم حفر آبار. وغالباً ما تكون تكاليف الحفر باهظة.

استخراج النفط: تتطلب زيادة استهلاك الوقود زيادة دائمة في معدلات استخراج النفط. ويبين الجدول التالي تطور معدل استخراج النفط في الفترة من عام ١٩٦١ حتى عام ١٩٧٤.

الدولة	النفط المستخرج بالمليون طن (1)			النسبة المئوية من الإنتاج العالمي الكلي للنفط (%)		
	1961	1971	1974	1961	1971	1974
أمريكا الشمالية	384	609	592	34,2	24,7	20,6
الشرق الأوسط	282	823	1094	25,3	33,4	38,0
أمريكا الجنوبية	202	260	248	18,1	10,6	8,6
شرق أوروبا والصين	187	422	545	16,7	17,1	18,9
الشرق الأقصى	27	77	119	2,4	3,1	4,1
أفريقيا	20	259	263	1,8	10,5	9,1
أوروبا الغربية	16	15	16	1,5	0,6	0,6

ويتبين من الجدول زيادة أهمية كل من الشرق الأوسط وأفريقيا في مجال استخراج النفط. وحيث أن معدل استهلاك النفط في هذه المناطق منخفضا، إلى جانب موقعها الجغرافي القريب من أوروبا، لذا فإنها تعتبر مورد أوروبا الرئيسي للنفط. وتزداد أهمية الشرق الأوسط، إذا أخذ احتياطي النفط في العالم بعين الاعتبار، إذ تبلغ نسبة احتياطي النفط في الشرق الأوسط وأفريقيا 65% من جملة احتياطي النفط العالمي، والذي قدر في عام ١٩٧٥ بنحو 90 مليار طن.

إنتاج الوقود: يستخرج النفط من باطن الأرض كسائل أسود غليظ القوام. ويكون في هذه الحالة غير صالح للاستعمال في محركات المركبات الآلية. ويعالج النفط الخام بطرق عديدة إلى أن يستخلص منه الوقود الصالح للاستعمال في المركبات الآلية.

وينتج عن عملية تقطير النفط (شكل ٩٩ – ١) عند الضغط الجوي ما يلي:

بنزين – مجال درجات غليانه	من حوالي	35°C إلى 200°C
كيروسين – مجال درجات غليانه	من حوالي	200°C إلى 220°C
ديزل – مجال درجات غليانه	من حوالي	220°C إلى 350°C
بقايا تقطير – مجال درجات غليانها	فوق	350°C

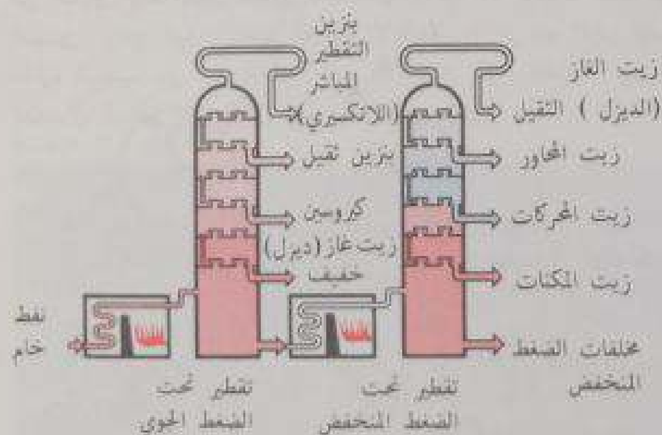
يتم التقطير تحت الضغط المنخفض عند ضغط يبلغ نحو 53 mbar. وتنخفض درجات حرارة الغليان عند هذا الضغط المنخفض بمقدار حوالي 100°C إلى 150°C. وأثناء عملية التكسير (Cracking) تنقسم الجزيئات الكبيرة صعبة الغليان إلى جزيئات صغيرة سهلة الغليان. وبذلك نحصل على بنزين التكسير المقاوم للدق. وبهذه الطريقة تزيد نسبة البنزين المقطر من النفط الخام. وتتم عملية التكسير عند درجة حرارة تبلغ نحو 500°C مع استعمال سليكات الألومنيوم كعامل مساعد. والعامل المساعد هذا عبارة عن مادة يساعد وجودها على حدوث تفاعل كيميائي أو الإسراع به، دون أن يحدث للعامل المساعد نفسه أي تغيير.

وتقطر بقايا تقطير برج التجزئة مرة أخرى تحت ضغط منخفض (شكل ٩٩ – ١). ويمكن الحصول على وقود الديزل من أعلى برج التقطير تحت الضغط المنخفض، وعلى زيت المحاور (زيت معدني قليل اللزوجة) وزيت المكنات وزيت الوقود من المستويات الواقعة أسفل. ويتبقى في النهاية البتيومين (الأسفلت) كبقايا تقطير.

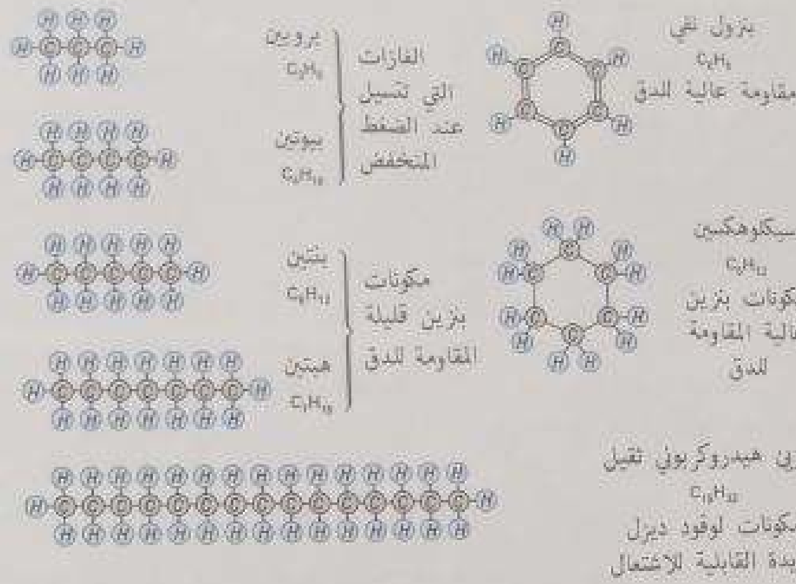
يتم تحويل البنزين الثقيل غير المقاوم للدق إلى بنزين ذي مقاومة كبيرة للدق بطريقة المعالجة بالبلاتين كعامل مساعد (Platforming) (مجال درجة الغليان من 150°C إلى 200°C)، تحت ضغط كبير ودرجة حرارة مرتفعة. ويكون هذا البنزين عنصرا هاما من عناصر البنزين الممتاز أي السوبر.

ويتكون مصطلح (Platforming) من الكلمتين (Platin) أي البلاتين و (Reforming) أي تحويل وتعني تحويل جزيئات البنزين غير المقاومة للدق إلى جزيئات بنزين مقاومة للدقة مع استعمال البلاتين كعامل مساعد.

التركيب الكيميائي للوقود (شكل ١٠٠ – ١). يتكون الوقود من مركبات عناصرها هي الكربون (رمزه الكيميائي C) والهيدروجين (رمزه الكيميائي H). ويمكن أن تترتب ذرات الكربون والهيدروجين في الجزيئات، إما في صورة حلقات، أو في خطوط مستقيمة أو



٩٩ – ١ تقطير النفط الخام: يسخن النفط الخام في فرن تقطير أنبوبي وترتفع درجة حرارته حتى يكاد أن يتبخر، ثم يدخل برج التجزئة. وفيه تتكثف الأبخرة الصاعدة إلى أعلى البرج مرة أخرى متحولة إلى سوائل، وتتكثف المكونات ذات درجات الغليان المرتفعة في أسفل البرج، وتلك التي تكون درجات غليانها أقل في أعلى البرج. وتسحب السوائل ذات مجالات درجة الغليان المختلفة من المستويات المتعددة. أما المكونات ذات مجالات درجة الغليان العالية جدا – والتي بقيت أثناء عملية التقطير سائلة في أسفل البرج – فإنها تقطر مرة أخرى تحت ضغط منخفض.



١٠٠ - ١ التركيب الجزيئي الهيدروكربوني للوقود. يبيّن الشكل بعض أنواع الجزيئات الهيدروكربونية المتعددة

في سلاسل متفرعة. وتكون الجزيئات ذات السلاسل الطويلة سهلة الاشتعال بينما تكون مقاومتها للدق صغيرة، وهي لذا تصلح لمحركات الديزل. أما الجزيئات حلقية التركيب أو التي على شكل سلاسل متفرعة فهي ذات مقاومة عالية للدق وتصلح لمحركات أوتو.

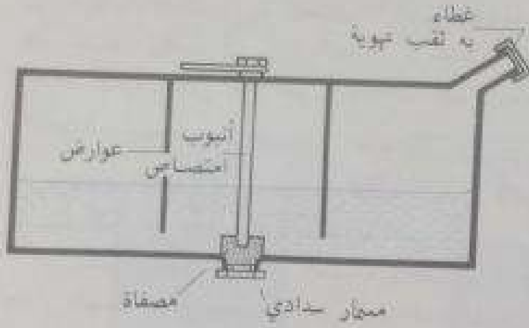
الشروط الواجب توافرها في وقود المكربن:

- قيمة حرارية مرتفعة. كلما ارتفعت القيمة الحرارية للوقود، كلما أمكن أن تسير المركبة مسافة أطول، بلتر واحد من الوقود. وتبلغ القيمة الحرارية للبنزين العادي حوالي 31 900 J/l؛ وللبترول حوالي 35 300 J/l، ولوقود الديزل حوالي 37 800 J/l.
- نقاوة ميكانيكية وكيميائية. يجب أساسا أن تظل نسبة الكبريت صغيرة قدر الإمكان. كما يجب أن يكون الوقود خاليا من الرواسب والماء، لأن هذه تسد منافث المكربن، وقد تؤدي في بعض الأحيان إلى توقف المحرك فجأة.
- مقاومة مرتفعة للدق. يتطلب كل محرك درجة معينة لمقاومة الوقود للدق. ويتصف الوقود الممتاز (سوبر) بدرجة أعلى لمقاومة الدق، تفوق تلك التي للوقود العادي. ويشترط استعمال وقود ممتاز (سوبر) في المحركات ذات نسبة الانضغاط المرتفعة.
- خواص غليان مناسبة. يجب أن يكون جزء من الوقود سهل التبخر، عند درجات الحرارة المنخفضة، وذلك لتسهيل عملية بدء تشغيل المحرك. إلا أن هذا الجزء يجب ألا يكون كبيرا، وإلا فقد يؤدي هذا إلى تكوين فقاعات غازية، تؤدي بدورها إلى إعاقة أو قطع التغذية بالوقود عند ارتفاع درجة حرارة المحرك. كما يجب ألا تكون درجة حرارة نهاية غليان البنزين عالية جدا، إذ تبقى الأجزاء صعبة التبخر سائلة، وتغسل طبقة الزيت المغلفة لسطح الأسطوانة الداخلي.
- احتراق بمخلفات ضئيلة. تترسب مخلفات احتراق ناشئة عن إضافات البنزين بشكل خاص، في غرفة الاحتراق. وينشأ عن وجودها انخفاض التبديد الحراري وزيادة نسبة الانضغاط.

الشروط الواجب توافرها في وقود الديزل. ليس تأثير صفات الوقود في محرك الديزل متعدد الأوجه، كما هو الحال في محرك أوتو. فالشروط الواجب توافرها في وقود الديزل من حيث القيمة الحرارية والنقاوة الميكانيكية والكيميائية، وكذلك الاحتراق ضئيل المخلفات، هي نفس الشروط الواجب توافرها في البنزين. وبدلا من خاصية مقاومة الدق، تلعب خاصية مدى قابلية الاشتعال دورا بالغ الأهمية في وقود الديزل، وتقاس هذه القابلية برقم السيتين (Cetan Number). ويدل رقم السيتين على النسبة الحجمية المئوية للسيتين في خليط من السيتين وألفاميثيل نفتالين (α-Methylnaphthalin)، ولهذا الخليط نفس خواص الاشتعال التي للوقود عند اختبارهما في محرك اختبار رقم السيتين. ويتميز الوقود شديد القابلية للاشتعال – أي ذو الرقم السيتيني العالي – بتأخر للاشتعال قصير عند احتراقه. ويعني هذا أن الفترة الزمنية بين بدء الحقن وبدء الاحتراق تكون قصيرة. وتضاف مكونات مشابهة للكيروسين إلى وقود الديزل في الشتاء، تمنع انفصال البرافين على شكل رواسب جامدة.

الملخص:

- يستخرج البنزين ووقود الديزل بتقطير النفط الخام.
- نشأ النفط على مدى ملايين السنين من الحمأة المتعفنة من بقايا كائنات حية صغيرة، تحولت إلى نفط تحت تأثير الضغط الكبير ودرجات الحرارة المرتفعة.
- يعتبر الشرق الأوسط أهم مورد للنفط المصدّر إلى أوروبا.
- يبلغ مجال درجات غليان البنزين من 35°C إلى 200°C، والكيروسين من 200°C إلى 220°C، ووقود الديزل من 220°C إلى 350°C.
- يتم رفع نسبة البنزين المقطرة من النفط بواسطة عملية التكسير.
- يتم الحصول على بنزين مقاوم للدق عن طريق المعالجة بالبلاتين.



١٠١ - ١ يصنع خزان الوقود من ألواح الفولاذ، ويبطن سطحه الداخلي بالرصاص، أو بطبقة من الطلاء، لمنع تكون الصدأ. وتوجد عوارض بها فتحات لتدفق الوقود، لكي تمنع تموج الوقود بالخزان أثناء السير في المنعطفات. وتوجد فوهة ملء الخزان عادة إلى اليمين في اتجاه السير. ويحتوي غطاء الفوهة على ثقب يسمح بدخول الهواء لمنع انخفاض الضغط في الخزان، نتيجة لسحب الوقود. وغالبا ما تركب مصفاة في أسفل أنبوب الامتصاص لمنع تسرب الشوائب إلى الداخل. أما المسمار السدادي (طبة) الموجود في قاع الخزان، فيستعمل لتفريغ الوقود من الخزان.

- يتكون الوقود من كربون وهيدروجين.
- يجب أن يتميز البنزين بقيمة حرارية مرتفعة، وبمقاومة شديدة للدق، وبخواص تبخر مناسبة، وبنقاوة ميكانيكية وكيميائية وبمخلفات احتراق ضئيلة.
- يجب أن يتميز وقود الديزل بقابلية جيدة للاشتعال بدلا من مقاومة الدق، التي يجب أن يتصف بها البنزين.

٤ - ١ - ٧ دورة التغذية بالوقود

تعمل دورة التغذية بالوقود، على إمداد (تغذية) المكربن بكمية وقود كافية تسحب من خزان الوقود.

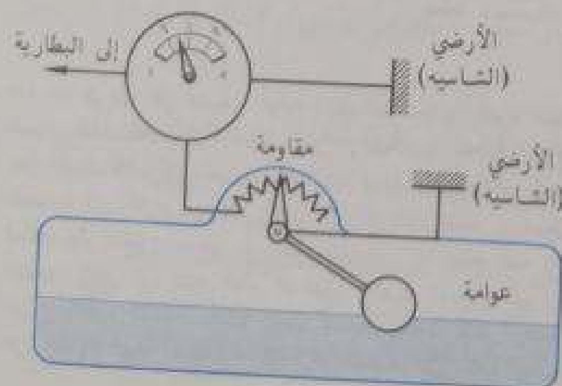
كان خزان الوقود يركب في الماضي على الحاجبة (رفرف الوقاية من الوحل) في أعلى المحرك، ولم تكن هناك حاجة آنذاك، إلى وجود مضخة للبنزين، إذ إن الوقود كان يسري بفعل ثقله الخاص إلى المكربن الواقع أسفل الخزان (بنزين ساقط). وكان من الضروري تركيب صنبور غلق في أنبوب الوقود، يُغلق عقب إيقاف المحرك. ومن عيوب هذا الترتيب، فقد الوقود في حالة وجود تسرب بالمكربن، ولا تستخدم هذه الطريقة حاليا إلا في الدراجات النارية.

يقع المكربن وخزان الوقود في المركبات الآلية الحديثة عادة في موقعين متباعدين. فيثبت خزان الوقود في موضع منخفض لأسباب تتعلق بالمكان المناسب، وبموقع مركز الثقل، وتستخدم مضخة وقود لضخ الوقود من الخزان إلى المكربن.

خزان الوقود (شكل ١٠١ - ١): يصنع خزان الوقود بحيث يتسع لكمية وقود تكفي للسير مسافة تبلغ نحو 400 km إلى 500 km. ويتحدد الشكل الخارجي للخزان حسب الحيز المتاح، ويثبت بجسم المركبة بواسطة شريط شد من الفولاذ.

جهاز قياس (مبين) كمية الوقود: توجد ساعة قياس خاصة تركب في لوحة الأجهزة في المركبات الآلية ذات المبينات الكهربائية (شكل ١٠١ - ١). ويتمكن السائق من مراقبة محتوى الخزان من الوقود، بواسطة هذه الساعة، مما ينبهه إلى ضرورة إعادة ملء الخزان في الوقت المناسب. كما يوجد في معظم الأحيان مصباح تحذير إضافي، وتنبه إضاءة هذا المصباح إلى اقتراب نفاد كمية الوقود في الخزان، وإلى أن المقدار المتبقي فيه يكفي للوصول إلى أقرب محطة (تموين) وقود. أما في المركبات الآلية غير المزودة بساعة قياس، فيوجد بها محبس تحويل في أنبوب الوقود، وهو محبس ذو ثلاث سكك يمكن من سحب الوقود في وضعه العادي، ما عدا كمية الاحتياطي، والتي تبلغ بضعة لترات. ويتوقف المحرك عند الوصول إلى المنسوب الاحتياطي للخزان، وحينها يحوّل المحبس إلى وضع الاحتياطي فيدور المحرك فورا. وعند ملء الخزان، يجب الانتباه إلى إرجاع المحبس إلى وضعه الأصلي، أي وضعه قبل التحويل.

أنابيب توصيل الوقود: يجب أن تكون أنابيب توصيل الوقود مقاومة للصدأ، سهلة التمديد، وتستعمل عادة أنابيب فولاذ مكسوة بطلاء معدني. ويجب أن تبقى الأنابيب قابلة للحركة بين مضخة تغذية الوقود وجسم المركبة، نظراً للتعليق المرن للمحرك. وتستعمل خراطيم لهذا الغرض. ويجب ألا تتعرض الأنابيب للثني عند تمديدها، كما يجب تثبيتها بقوامط تثبيتاً كافياً حتى لا تتعرض لاهتزازات كبيرة.



١٠١ - ٢ المبين الكهربائي لكمية الوقود. تغير حركة العوامة المقاومة في الدائرة الكهربائية، وهذا يؤدي بدوره إلى تغيير شدة التيار المار فيها، والذي يظهر من خلال المبين دالا على كمية الوقود الموجودة في الخزان.

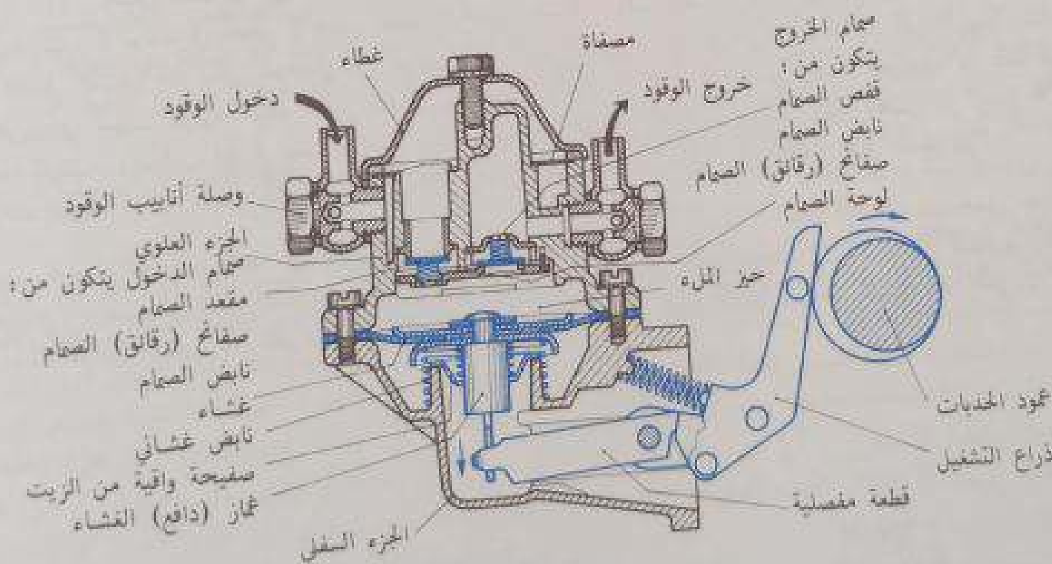
نتيجة للارتجاجات. ويتم اتصال الأنابيب ببعضها بواسطة حلمة (نبل) وصمولة توصيل. وتكبس الحلمة ضد طرف الأنبوب المزود بشفة عند نهايته. ويجب أن يكون اتصال الأنابيب ببعضها مع بعض جيد الإحكام. وعند تركيب الأنابيب بالقرب من جسم المحرك، يجب إجراء التمديد بشكل يمنع تكون فقاعات غازية نتيجة لارتفاع درجات الحرارة، لأن هذه الفقاعات تؤدي إلى انقطاع تغذية المحرك بالوقود.

مضخة الوقود: تقوم مضخة الوقود بسحب (امتصاص) الوقود من الخزان وتوصيله إلى المكربن. وتصمم المضخة بحيث يكون معدل تغذيتها أكبر من معدل الاستهلاك الأقصى للوقود. وتقوم المضخة دائما بتغذية المكربن بكمية الوقود التي يحتاج إليها فقط.
وتستعمل المضخات ذات الغشاء (الغشائية) كمضخات تغذية بالوقود (شكل ١٠٢ – ١). ويتم فيها ضخ الوقود بواسطة غشاء مرن. وتدار المضخة عادة ميكانيكيا من عمود الحدبات عن طريق رافعة. أما في المحركات ثنائية الشوط فتشغل مضخة الوقود بالهواء المضغوط. ويستفاد من تغير الضغط في علبة المرفق، في تحريك غشاء المضخة. ومن النادر استعمال مضخات وقود تدار كهربائيا. وتسمح مضخات الوقود ذات تجهيزات الضخ اليدوية بملء غرفة عوامة المكربن قبل بدء تشغيل المحرك.
ويتم تشغيل مضخة الوقود بواسطة أصبع غماز أو ذراع منزلق بدلا من الرافعة، إذا استدعت ظروف التركيب ذلك.

صيانة دورة التغذية بالوقود: ينبغي فحص مدى إحكام دورة تغذية الوقود ضد التسرب. ويجب أن تكون صواميل التوصيل – التي تحكم اتصال الأنابيب – محكمة الربط.

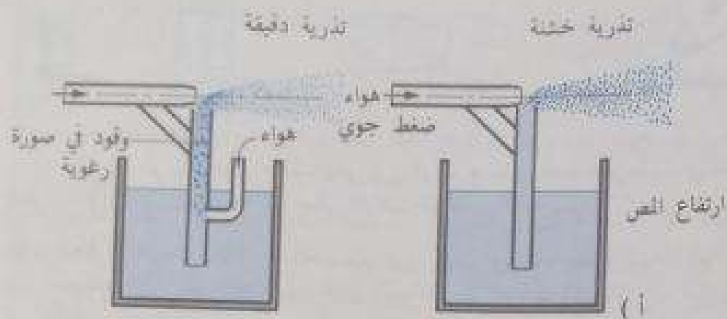
يمكن لحام خزان الوقود، إذا حدث تسرب وقود منه. ويجب أن يكون الخزان مملوءاً تماما بثاني أكسيد الكربون، أو برابع كلوريد الكربون أو بالماء أثناء لحامه، إذ لا يكفي غسل الخزان بالماء قبل لحامه. وفي حالة عدم ضخ المضخة للوقود، يجب قبل كل شئ فحص الغشاء، وجودة سطح صفائح الصمام، وتبديلها إذا لزم الأمر.

الملخص:
- يحتوي خزان الوقود على كمية من الوقود تكفي للسير مسافة تتراوح بين 400 km و 500 km.
- تمنع العوارض الموجودة في الخزان تموج الوقود فيه أثناء السير في المنعطفات.
- يجب عدم ثني أنابيب الوقود أثناء تمديدها، كما يجب تثبيتها في أماكن متعددة بقواطع.
- تعمل مضخات الوقود ميكانيكيا، أو بالهواء المضغوط، أو كهربائيا.
- مضخات الوقود المستعملة هي عبارة عن مضخات ذات غشاء. يضغط الغشاء إلى أسفل أثناء شوط المص (السحب) بواسطة عمود الحدبات عبر ذراع التشغيل، ويضغط الغشاء إلى أعلى أثناء شوط الضغط بواسطة النابض الغشائي، وإذا كان الضغط المعاكس مرتفعا يظل الغشاء في أسفل وتنقطع المضخة عن الإمداد بالوقود.
- يجب أن يكون خزان الوقود مملوءا تماما بغاز ثاني أكسيد الكربون، أو رابع كلوريد الكربون أو الماء، أثناء لحامه.



١٠٢ – ١ طريقة عمل مضخة الوقود: يقع الغشاء بين الجزء السفلي والجزء العلوي للمضخة. وأثناء شوط المص (السحب) يتحرك ذراع التشغيل على المحيط اللامركزي لعمود الحدبات. وينشأ عن ذلك جذب القطعة المفصلية إلى الخارج، وبالتالي سحب غماز الغشاء نفسه إلى أسفل. نتيجة لذلك يكبر الحيز الموجود في أعلى الغشاء، مما ينتج عنه انخفاض في الضغط يؤدي إلى فتح صمام الدخول وسحب الوقود، بينما يظل صمام خروج الوقود مغلقا. وأثناء شوط الضغط يضغط نابض رافعة التشغيل على حدبة عمود الحدبات، فيتحرك الغشاء إلى أعلى بواسطة ضغط النابض الغشائي المضغوط. حينئذ يغلق صمام الدخول. ويغذى المكربن بالوقود عبر صمام الخروج المفتوح. وتحدد قوة النابض الغشائي بحيث لا تزيد عن قوة الضغط المعاكس الموجود في أنبوب الوقود المثل عندما يكون صمام العوامة الإبري في المكربن مغلقا. وعندئذ يتحرر ذراع التشغيل من القطعة المفصلية ويظل الغشاء في وضعه السفلي ويتوقف الإمداد بالوقود. وبانخفاض الضغط في الأنبوب يضغط النابض الغشائي على الغشاء ذاته إلى أعلى، وبذلك يغذى المكربن مرة أخرى بالوقود.





١٠٣ - ١ خليط الوقود والهواء: يصبح الخليط غير قابل للاشتعال، إذا قلت نسبة الهواء في الخليط عن حد معين، أي عندما تكون النسبة الوزنية للهواء إلى الوقود أقل من حوالي (8:1)، أو إذا زادت عن حد معين، أي عندما تكون النسبة الوزنية للهواء إلى الوقود أكثر من حوالي (17.5:1). ويعطي المحرك قدرته العظمى عندما تكون نسبة الهواء إلى الوقود حوالي من (14:1) إلى (15:1). ويمكن الحصول على استهلاك وقود أقل مع بقاء القدرة جيدة، عندما تكون نسبة الهواء إلى الوقود حوالي من (16:1) إلى (17:1).

١٠٣ - ٢ تذرية الوقود.

أ) أنبوبان شعريان متصلان في وضع متعامد يغمر الأنبوب الرأسي منهما في حوض مملوء بسائل. يسحب السائل في الأنبوب الرأسي، عند النفخ في الأنبوب الأفقي، ويتذرى السائل المسحوب عند ازدياد سرعة الهواء عن حد معين.

ب) تتحسن درجة التذرية إذا ما وصل أنبوب رأسي آخر بالأنبوب الرأسي، على أن يتصل الثاني بالهواء الجوي، فأثناء سريان السائل في أنبوب المص إلى أعلى يسحب معه فقاعات هواء من الأنبوب الثاني المتصل به. ويؤدي هذا إلى إرغاء السائل وتذريته تذرية دقيقة عند فوهة الأنبوب.

أسئلة:

١ - ما هي الأجزاء التي يتكون منها خزان الوقود؟
٢ - كيف يتم تمديد أنابيب الوقود؟
٣ - إشرح طريقة عمل المضخة ذات الغشاء.
٤ - إشرح طريقة عمل الجهاز الكهربائي لبيان كمية الوقود.

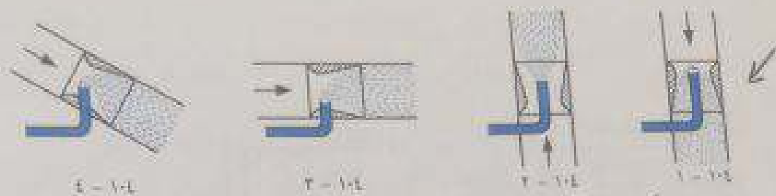
٤ - ١ - ٨ المكربن (الكاربيراتير)

وظائف المكربن. إن الوقت المتاح لحرق الوقود في الأسطوانة قصير جدا (يبلغ نحو 0,001 s). ولكي يمكن احتراق الوقود في هذه الفترة القصيرة، يجب أولا تحويل الوقود من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية أي تبخيره. ويتم هذا التحويل على مرحلتين. ويتولى المكربن إتمام المرحلة الأولى، حيث يقوم بتذرية الوقود. أما المرحلة الثانية - وهي تحول الوقود المذرى إلى غاز - فتتم في مشعب السحب، وعلى الأخص في الأسطوانة، نتيجة ارتفاع درجات الحرارة. وترتفع درجة الحرارة في الأسطوانة أثناء شوط الانضغاط، حتى عندما يكون المحرك في حالة باردة، مما ينتج عنه تبخر جزء كبير من الوقود. ويحتاج حرق كمية من الوقود إلى كمية معينة من الهواء (شكل ١٠٣ - ١). ومن هنا تنشأ وظيفة ثانية للمكربن، هي تحضير خليط من الوقود والهواء بنسبة الخلط الملائمة لكل طرف من ظروف التشغيل.

تذرية الوقود: يمكن إدراك عملية تذرية الوقود بسهولة على ضوء التجربة المشروحة (شكل ١٠٣ - ٢). ويمكن - بإجراء بعض التجارب - إثبات أن كمية الوقود المذراة تتوقف على سرعة الهواء وارتفاع المص وقطر الأنابيب الشعرية المستخدمة.

أنواع المكربنات: تصنف المكربنات - تبعا لاتجاه تدفق الهواء فيها - إلى أربعة أنواع: مكربن ذو تيار هوائي هابط (شكل ١٠٤ - ١)، ومكربن ذو تيار هوائي صاعد (شكل ١٠٤ - ٢)، ومكربن ذو تيار هوائي مستعرض (أفقي) (شكل ١٠٤ - ٣)، وأخيرا مكربن ذو تيار هوائي مائل (شكل ١٠٤ - ٤).

تركيب وطريقة أداء المكربن (شكل ١٠٤ - ٥): تتم تذرية الوقود وخلطه مع الهواء أيضا في غرفة الخلط. ويشكل أنبوب المص على شكل قمع هواء (فنتوري) ذي تدفق انسيابي، وبذلك تزداد سرعة الهواء عند منفث الوقود، مما يؤدي بدوره إلى انخفاض الضغط بصورة كبيرة، وبالتالي إلى ارتفاع درجة امتصاص الوقود. وينتج عن ذلك تذرية كمية كبيرة من الوقود المسحوب، ويعبر عن مقاس المكربن بقطر أنبوب المص، فمثلا يعني الرمز 28 PCI، أن قطر أنبوب المص بالمكربن هو 28 mm، مقاسا عند شفته. وينتهي أنبوب رش الوقود عند أصغر مقطع لفنتوري الهواء. ويطلق عليه أيضا إسم أنبوب الخلط، إذ يتم فيه خلط أولي للوقود مع الهواء، في المكربنات الحديثة. ويتصل أنبوب الرش بغرفة العوامة بواسطة قناة خاصة، حتى يتساوى مستوى الوقود في كليهما.



١٠٤ - ١ مكربن ذو تيار هوائي هابط. يؤثر وزن الوقود في نفس اتجاه تدفق الهواء في هذا المكربن. ويستعمل هذا النوع في معظم محركات المركبات الآلية.

١٠٤ - ٢ مكربن ذو تيار هوائي صاعد. يؤثر وزن الوقود في اتجاه مضاد لتدفق الهواء، وقد استعملت المكربنات ذات التيار الهوائي الصاعد، في المحركات التي يصل فيها البنزين إلى المكربن بتأثير وزنه.

١٠٤ - ٣ مكربن ذو تيار هوائي مستعرض (أفقي). يتدفق الهواء أفقيا في المكربن. وتستعمل هذه المكربنات في الحالات التي يقل فيها ارتفاع المكان المخصص للمكربن. وكذلك فإن المكربنات ذات مدخل الهواء متغير المقطع، هي مكربنات ذات تيار هوائي مستعرض.

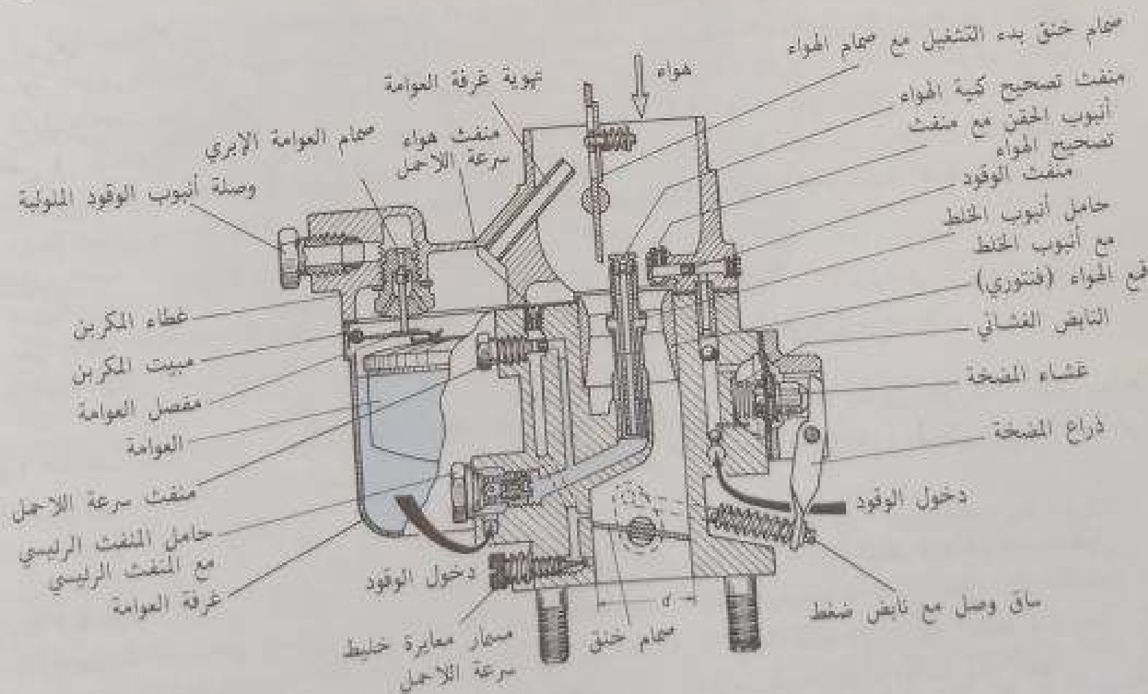
١٠٤ - ٤ مكربن ذو تيار هوائي مائل. يتدفق الهواء في هذا المكربن إلى أسفل في اتجاه مائل، ولا تجهز بهذا النوع إلا طرازات قليلة فقط من المركبات الآلية.

١٠٤ - ٥ رسم تخطيطي لتركيب مكربن ذي تيار هوائي هابط مع تجهيزة بيان العوامة. وتتصل العوامة - التي تكون مصنوعة عادة من البلاستيك - مفصليا بغرفة العوامة (أنظر شكل ١٠٤ - ٦).

ويثبت المنفث الرئيسي في هذه القناة بلولب يمكن فكه. ويقوم هذا المنفث بتحديد معدل تدفق الوقود. ويزداد استهلاك الوقود عندما يكون ثقب المنفث الرئيسي أكبر من المقاس المحدد. أما إذا كان ثقب المنفث الرئيسي أصغر من هذا المقاس، فإن هذا يؤدي إلى انخفاض قدرة المحرك. وفي الماضي، كان الرقم المنقوش على المنفث دليل بيان لقطره بأجزاء من 0,01 mm. فمثلا كان الرقم 85 يعني أن قطر المنفث يبلغ 0,85 mm. أما الآن فيعطي الرقم دلالة على معدل تدفق الوقود خلال المنفث.

تجهيزة العوامة (شكل ١٠٤ - ٦): وهي تتكون من غرفة العوامة والعوامة وصمام إبري للعوامة. وتقوم هذه التجهيزة بالمحافظة على ارتفاع مستوى الوقود في غرفة العوامة، وبالتالي في أنبوب الرش ثابتا. ويتدفق الوقود من مضخة الوقود عبر صمام العوامة الإبري إلى غرفة العوامة. وعند وصول مستوى الوقود في غرفة العوامة إلى الارتفاع المعين، تدفع قوة رفع العوامة، إبرة العوامة وتضغطها على مقعد الصمام مغلقة إياه وموقفة بذلك عملية توريد الوقود. وبمجرد انخفاض مستوى الوقود في غرفة العوامة، يفتح الصمام الإبري ليسمح بتدفق الوقود إلى داخل غرفة العوامة. وتصمم مضخة الوقود بحيث يتراوح مقدار الضغط في الأنبوب الموصل لغرفة العوامة من 0,1 bar إلى 0,2 bar تحت الضغط الجوي. ويتم تجديد هواء غرفة العوامة عن طريق توصيلها بأنبوب المص (السحب). وبهذه الطريقة يدخل هواء نقي إلى غرفة العوامة.

ولكي تتم تغذية المحرك بخليط ذي نسبة صحيحة من الهواء والوقود في جميع حالات التشغيل، يجب أن يحتوي المكربن على تجهيزات أخرى إضافية إلى جانب تجهيزة العوامة. وفيما يلي توضيح لهذه التجهيزات التي تركب في مكربنات سوليكس (Solex) وأوبل (Opel) وشترومبرج (Stromberg) وبنج (Bing).



١٠٤ - ٦ مكربن سوليكس (Solex) طراز 28 PCI، يبين القطاع التخطيطي تجهيزة العوامة وصمام الخنق وتجهيزة سرعة اللاحمل وأنبوب الخلط وأخيرا مضخة التعجيل.

٤-١-٨-١ التجهيزات الإضافية لمكربن سوليكس (Solex)

تنتج المكربنات بطرازات مختلفة لتحقق رغبات الشركات ، ولتفي بمتطلبات أداء المركبات الآلية المختلفة . إلا أن تجهيزاتها الإضافية تتشابه غالبا وقد تكون واحدة في جميع المكربنات .

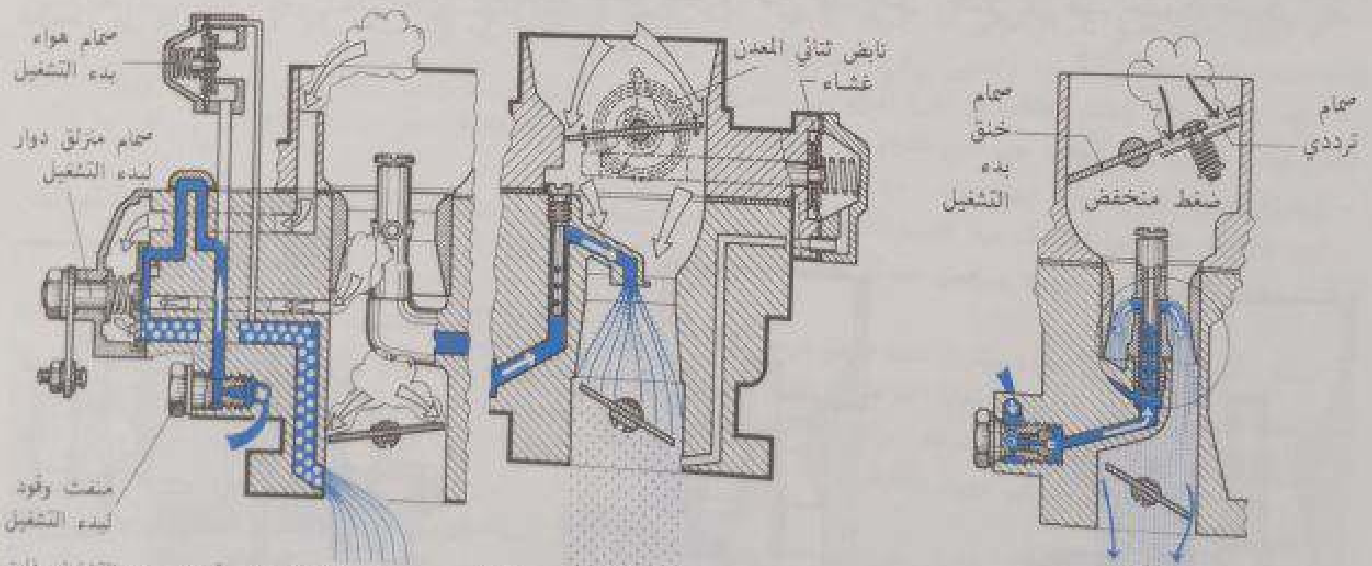
صمام الخنق (شكل ١٠٤ - ٦) : وهو يستعمل للتحكم في كمية الشحنة المسحوبة . ويحمل هذا الصمام على عمود صمام الخنق عند أعلى شفة المكربن بشكل يسمح له بالدوران حول هذا العمود .

ويتصل ذراع تشغيل صمام الخنق - المثبت على عمود صمام الخنق خارج أنبوب المص - بدعسة البنزين (الوقود) عن طريق ذراع الوقود . وفي حالة عدم الضغط على الدعسة ، يضغط نابض على عمود صمام الخنق ويدفعه ضد مصد متغير الموضع وبذلك يغلق صمام الخنق بشكل لا يترك معه سوى شقا ضيقا مفتوحا في أنبوب المص . وبتشغيل دعسة البنزين ينفتح صمام الخنق ضد تأثير النابض ، وبذلك تتدفق كمية أكبر من خليط الوقود والهواء إلى الأسطوانة ، ويتلقى المحرك كمية أكبر من الخليط (الغاز) .

تجهيزة بدء التشغيل : لا يمكن تبخير الوقود المذرى بالكامل في أسطوانة المحرك البارد . فيتكثف جزء من الوقود على جدران الأسطوانة الباردة ، ويزيل غشاء الزيت مما ينشأ عنه احتكاك جاف بين الكباس والأسطوانة ، يؤدي إلى زيادة البلى . وبالإضافة إلى هذا فإن تكثف جزء من الوقود ينقص من كمية الوقود المتبخرة في الأسطوانة وبذلك تنخفض أيضا نسبة الوقود إلى الهواء ، مما يؤدي إلى إفقار الخليط إلى درجة تجعله غير قابل للاشتعال ، ومن ثم لا يدور المحرك . وللتغلب على ذلك تستخدم تجهيزة خاصة ببدء التشغيل ، وهي عبارة عن صمام خنق بدء التشغيل ، القابل للدوران والذي يركب عند أعلى غرفة الخلط . ويشغل هذا الصمام إما من مكان القيادة يدويا أو تلقائيا بتأثير فرق درجات الحرارة . ويظل صمام بدء التشغيل مفتوحا فتحة كاملة أثناء التشغيل العادي للمحرك . وعند بدء تشغيل المحرك (المحرك البارد) يغلق هذا الصمام يدويا بشد الذراع المتصل به (شكل ١٠٥ - ١) ، أو بواسطة بادئ التشغيل التلقائي (شكل ١٠٥ - ٢) .

وعند بدء دوران المحرك البارد ينشأ ضغط منخفض خلف صمام خنق بدء التشغيل ، يؤدي إلى زيادة معدل تدفق الوقود من أنبوب الخلط . وبذلك تزيد نسبة الوقود إلى الهواء في الخليط . أي يصبح الخليط غنيا قابلا للاشتعال ، رغم تكثف بعضه على جدران الأسطوانة .

ولكي ينشأ ضغط منخفض كاف ، ينفتح صمام الخنق فتحة ضيقة تلقائيا عند انغلاق صمام بدء التشغيل . وبمجرد بدء دوران المحرك وزيادة سرعته ، تمتص كمية كبيرة جدا من الوقود نتيجة شدة انخفاض الضغط الناشئ . ولمنع ذلك يحتوي صمام خنق بدء التشغيل على صمام ترددي يتكون من رقيقة فولاذية مضغوطة ضد سطح صمام بدء التشغيل بواسطة نابض . ويرتفع الصمام الترددي عن مقعده نتيجة الضغط المنخفض الناشئ عن زيادة سرعة المحرك . وبذلك يقل انخفاض الضغط ويحمي المحرك من آثار الخليط الغني بالوقود .



١٠٥ - ١ طريقة عمل صمام خنق بدء التشغيل . عند بدء التشغيل ينشأ خلف هذا الصمام انخفاض كبير في الضغط ، لكون صمام الخنق مغلقا مما يؤدي إلى تدفق كمية إضافية من الوقود من أنبوب الخلط .

١٠٥ - ٢ طريقة عمل بادئ التشغيل التلقائي . يغلق صمام الخنق تلقائيا في حالة المحرك البارد عند بدء التشغيل . وعند سرعة اللاحمل . وبارتفاع سرعة المحرك يزداد انخفاض الضغط . ويؤدي هذا إلى شد الغشاء جهة اليمين فينفتح صمام خنق بدء التشغيل بشكل يمنع معه الزيادة الكبيرة في نسبة الوقود إلى الهواء . وعندما يسخن المحرك ينفتح صمام خنق بدء التشغيل بواسطة النابض الذي يتركب من ثنائي المعدن (بتأثير الحرارة) .

١٠٥ - ٣ طريقة عمل تجهيزة بدء التشغيل ذات صمام منزلق دوار . عند تشغيل المحرك يكون صمام هواء بدء التشغيل مغلقا .

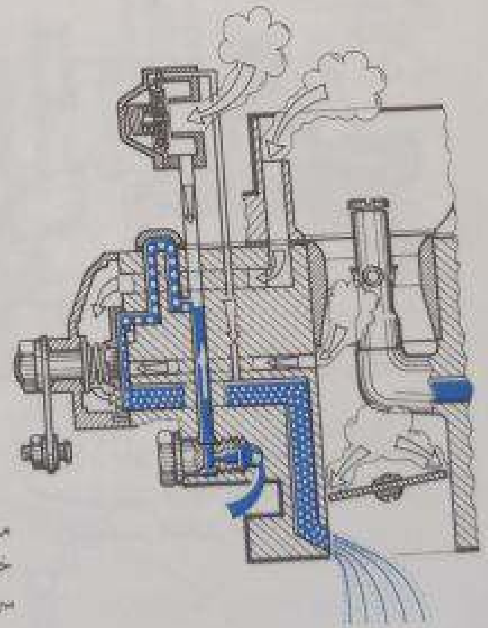
ويستغنى حديثا عن الصمام الترددي، إذ يتم تركيب صمام خنق بدء التشغيل مرتكز على محمل يقع خارج مركزه. وفي هذه التجهيزة ينفتح صمام بدء التشغيل ضد ضغط نابض الرجوع نتيجة انخفاض الضغط ويكون فتحة بشكل يمنع معه زيادة نسبة الوقود الداخل إلى المحرك.

وعندما يكون مقبض (ذراع) بدء التشغيل مسحوبا، يسحب المحرك من الوقود ما يفوق حاجته. لذا يجب إبقاء هذا المقبض مسحوبا طالما كان ذلك ضروريا فقط.

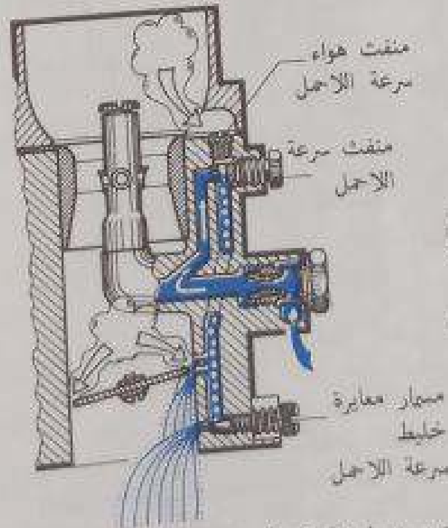
صمام الخنق الأوتوماتي لبدء التشغيل: يستعمل هذا النوع بكثرة لتسهيل بدء تشغيل المحرك للسائق الذي غالبا ما يجهل طريقة أداء صمام بدء التشغيل. وحيث أن كمية الوقود المطلوب سحبها تعتمد على درجة حرارة المحرك، فإن درجة الحرارة تستخدم كوسيلة تحكم. ويتم فتح وغلق صمامات الخنق الأوتوماتية لبدء التشغيل بواسطة نابض ثنائي المعدن، وهو يتكون من معدنين مختلفين في تمددهما الحراري ومثبتين مع بعضها البعض تماما، ويتم لفهما بشكل حلزوني مشابه لنابض الساعة الحلزوني. وفي الحالة الباردة يكون صمام الخنق مغلقا. وعند ارتفاع درجة حرارة النابض ثنائي المعدن، يتمدد هذا النابض ويفتح معه صمام خنق بدء التشغيل. ويستعمل ماء تبريد المحرك في المحركات المبردة بالماء - لتسخين النابض ثنائي المعدن. أما إذا كان المحرك مبردا بالهواء، فيسخن النابض كهربائيا. ونادرا ما يسخن النابض ثنائي المعدن بواسطة غازات العادم. ولتفادي الاغتناء الزائد لخليط في المحرك البارد عند زيادة سرعته، تزود تجهيزة بدء التشغيل الأوتوماتية بكباس أو بغشاء مرن يتحرك نتيجة الضغط المنخفض المتزايد الحادث خلف صمام الخنق. ويفتح صمام خنق بدء التشغيل بواسطة ساق سحب. ويوجد في بعض طرازات المحركات صمام منزلق دوراني لبدء التشغيل (شكل ١٠٥ - ٣)، بدلا من صمام الخنق ويمكن تشغيل هذا الصمام المنزلق الدوراني يدويا، بشد الذراع المتصل به، أو أوتوماتيا بفعل التمدد الحراري لحلزون ثنائي المعدن. وفي هذا النوع من التجهيزات يتصل أنبوب المص بالصمام المنزلق بواسطة قناة تمر تحت صمام الخنق. كما تمر عدة قنوات فوق صمام الخنق، لتصل الصمام المنزلق بأنبوب المص ومجرى التغذية بالوقود. وعندما يكون صمام الخنق مغلقا ينشأ ضغط منخفض في الحيز الموجود تحت الصمام المنزلق.

وعند بدء تشغيل المحرك البارد، يكون الصمام المنزلق الدوراني في وضع يسمح بتدفق الوقود خلال أحد الثقوب، ويتدفق الهواء خلال ثقب آخر، يكونا معا فقاعة خليط صغيرة. وبذلك يحصل المحرك على كمية كافية من الوقود لبدء تشغيله وهو بارد. وعند دوران المحرك ينفتح صمام هواء بدء التشغيل بفعل الضغط المنخفض السائد. ويؤدي دخول الهواء من هذا الصمام واختلاطه مع الوقود (شكل ١٠٦ - ١) إلى عدم حدوث اغتناء زائد للخليط. وعند إعادة مقبض التشغيل إلى موضعه المتوسط تصبح تجهيزة بدء التشغيل حينئذ مضبوطة على وضع الدوران الساخن. وفي هذه الحالة يتدفق الوقود خلال ثقب ضيق في الصمام المنزلق الدوراني، بينما يظل تدفق الهواء بدون تغيير. وبذلك يتم إفقار الخليط تدريجيا، ويتحقق الدوران العادي للمحرك.

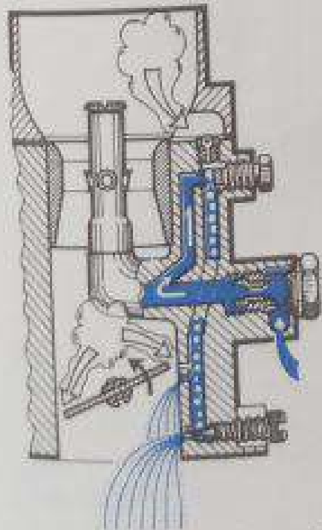
ويعمل كل من مكربن بدء التشغيل وصمام الخنق الخاصان ببدء التشغيل على انطلاق السيارة فورا. عند فتح صمام الخنق يقل انخفاض الضغط الشديد عند منفث الوقود، مما يؤدي إلى غلق صمام هواء بدء التشغيل. وتتوقف بذلك عملية إفقار الخليط، مما يتيح للمحرك البارد الحصول على كمية وافية من الخليط أثناء الانطلاق. ولا يجوز بأي حال من الأحوال الضغط على دعسة السير أثناء بدء التشغيل؛ في حالة وجود صمام منزلق دوراني، إذ يؤدي الضغط عليها إلى فتح صمام الخنق وبالتالي إلى عدم حدوث انخفاض كاف للضغط. وفي هذه الحالة لا يمكن سحب وقود من تجهيزة بدء التشغيل.



١٠٦ - ١ طريقة عمل تجهيزة بدء التشغيل ذات صمام منزلق دوراني. يكون صمام هواء بدء التشغيل مفتوحا عند سرعات الدوران العالية للمحرك.



١٠٦ - ٢ طريقة عمل تجهيزة سرعة الاجهل. عند تشغيل المحرك عند سرعة الاجهل، يسحب الوقود من الثقبين السفليين.

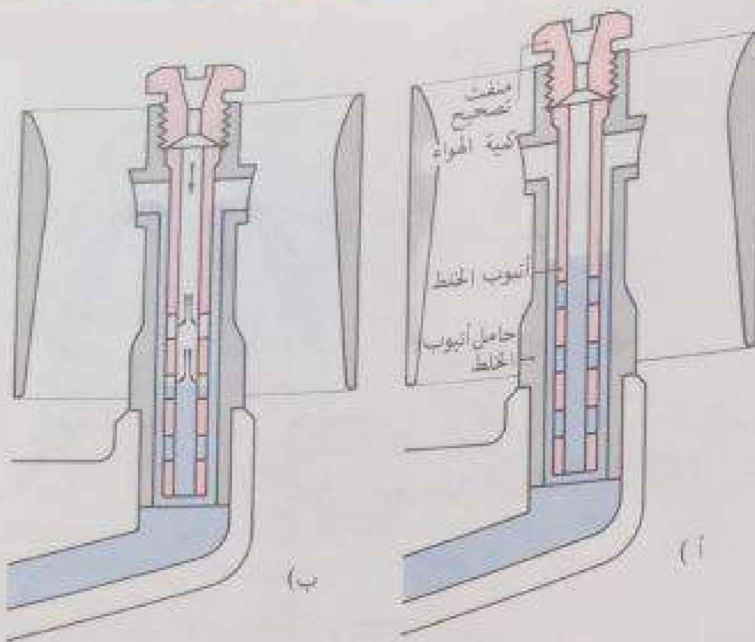


١٠٦ - ٣ طريقة عمل تجهيزة سرعة الاجهل. عند السرعات الإنتقالية (من سرعة الاجهل إلى سرعة الحمل الجزئي المنخفض)، يسحب الوقود من الثقوب الثلاثة معا.

١٠- أنبوب الخلط وحامله.

أ) يتساوى ارتفاع السائل داخل أنبوب الخلط وخارجه في حالة عدم تشغيل المحرك.

ب) أثناء التشغيل عند مجال الحمل الجزئي، يصعد منسوب السائل خارج أنبوب الخلط نتيجة انخفاض الضغط، وينخفض داخل الأنبوب. ويتدفق الهواء من خلال ثقوب أنبوب الخلط، ليختلط مع الوقود خارج الأنبوب مكونا معه خليطا رغويا. وتزداد نسبة الهواء المخلوط بالوقود بازدياد سرعة الهواء في عنق قمع (فنتوري) الهواء.



تجهيزة سرعة اللاحمل: تكون سرعة الهواء منخفضة جدا في عنق قمع (فنتوري) الهواء أثناء التشغيل عند سرعة اللاحمل، بحيث لا تكفي لسحب الوقود من أنبوب الخلط. ولكي لا يتوقف المحرك عن الدوران، ينبغي وجود مكربن مساعد، على هيئة تجهيزة سرعة اللاحمل (شكل ١-٦-٢). وتتكون هذه من ثلاثة ثقوب يقع الأول منها تحت صمام الخنق والثاني بالجدار، عند ثغرة مرور الهواء عندما يكون صمام الخنق مغلقا، والثالث في أعلى الثغرة السابقة بقليل. وتتصل الثقوب الثلاثة بقناة تنتهي عند أعلاها بمنفث هواء سرعة اللاحمل. وتتفرع من القناة المذكورة قناة ثانية عند منفث سرعة اللاحمل، الذي يقوم بمعايرة كمية الوقود الداخلة إلى المكربن. وتتصل هذه القناة الأخيرة بمنافث الوقود الرئيسية.

ويسمى الثقبان اللذان يقعان في أعلى وعند صمام الخنق، ثقبا التحويل (By-Pass Hole). وعند تشغيل المحرك ينشأ ضغط منخفض تحت صمام الخنق، الذي يكون مغلقا عند سرعة اللاحمل. ويمتد تأثير هذا الضغط المنخفض حتى منفث هواء سرعة اللاحمل. ويعتمد مقداره على قطر منفث سرعة اللاحمل. ويسحب وقود من مجموعة منافث الوقود الرئيسية بسبب الضغط المنخفض الناشئ. ويحدث ذلك عن طريق منفث سرعة اللاحمل. ويختلط هذا الوقود بالهواء المسحوب من منفث هواء سرعة اللاحمل مكونا خليطا رغويا. ويتم التحكم في مقطع التدفق بواسطة برغي (مسمار) معايرة خليط سرعة اللاحمل، الذي يمكن من ضبط كمية الوقود المسحوب.

لا يكون صمام الخنق تام الإغلاق أثناء سرعة اللاحمل. ويمكن التحكم في فتحة الهواء بين صمام الخنق وجدار المكربن بواسطة مسمار صد مثبت بعمود صمام الخنق، ويسمى برغي (مسمار) ضبط سرعة اللاحمل.

ويحدث انخفاض شديد للضغط في ثغرة الهواء بين صمام الخنق وجدار المكربن بسبب زيادة سرعة الهواء المار بها، ونتيجة لذلك تنص كمية إضافية من الوقود عبر ثقبي التحويل المجاورين. أما عند السرعات الانتقالية - أي بين سرعة اللاحمل وسرعة الحمل الجزئي - فينفتح صمام الخنق قليلا (شكل ١-٦-٣).

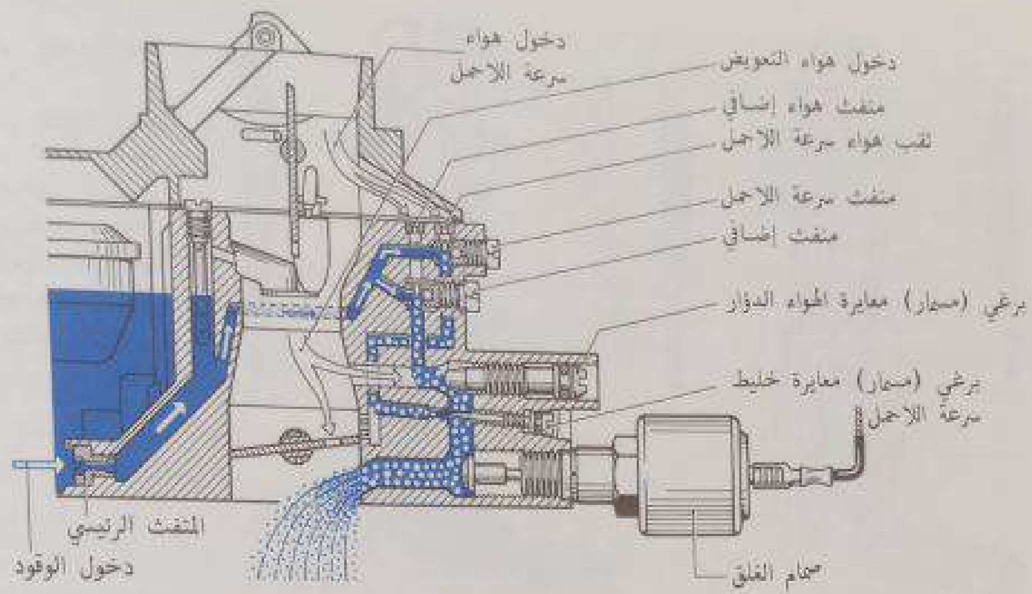
وبذلك يقل انخفاض الضغط عند الثقبين السفليين. ويقع أضيق مقطع للهواء في هذه الحالة عند ثقب التحويل العلوي الذي يظل الوقود يسحب من خلاله، بينما يتناقص معدل الوقود المسحوب من الثقبين الواقعين أسفله.

ضبط خليط سرعة اللاحمل: يشترط عند ضبط سرعة اللاحمل أن يكون المحرك في حالة ساخنة، وأن تكون دورة الإشعال في حالة سليمة. يربط أولا برغي (مسمار) معايرة سرعة اللاحمل حتى النهاية (بدون عنف حتى لا يتكون رائش)، ثم يفك البرغي بمقدار دورة ونصف. بعدها يشغل المحرك وتضبط سرعة دوران اللاحمل بواسطة برغي ضبط سرعة اللاحمل. ويلي ذلك تدوير برغي (مسمار) معايرة خليط سرعة اللاحمل حتى ينتظم دوران المحرك. وإذا ما ارتفعت سرعة المحرك عند سرعة اللاحمل فيجب إعادة معايرة برغي ضبط سرعة اللاحمل.

تجهيزة الخليط الإضافي (نظام الهواء الدوار Circulating System): تنحصر مهمة تجهيزة سرعة اللاحمل السابق وصفها في تحقيق سرعة لاحمل أساسية معينة يجري اختيارها من الجهة المنتجة، وتكون محددة في حدود تفاوت ضيقة خاصة بها.

يزود المكربن بتجهيزة خليط إضافي (نظام هواء دوار)، لتحقيق سرعة المحرك المرغوبة عند سرعة اللاحمل ولإعادة معايرتها أيضا. وتكون إعادة المعايرة هذه ضرورية بسبب اختلاف القدرات الاحتكاكية للمحركات (المقصود بالقدرة الاحتكاكية هو القدرة المفقودة نتيجة للاحتكاك). وتمكن هذه التجهيزة من إعادة معايرة سرعة اللاحمل للمحرك عن طريق تدوير مسمار معايرة الهواء الدوار فقط، ولا تؤثر هذه المعايرة على نسبة الهواء والوقود اللازمة لسرعة اللاحمل، والتي تظل بدون تغيير.

وبذلك تبقى نسبة الخليط أثناء سرعة اللاحمل ثابتة، مهما تغير معدل تدفق الخليط، وبالتالي يمكن تحقيق المواصفات المحددة لنسبة الغازات الضارة في غازات العادم.



١٠٨ - ١ طريقة عمل مجموعة سرعة اللاحمل والهواء الدوّار.

يسحب وقود سرعة اللاحمل من أنبوب الخلط خلف منفث الوقود الرئيسي، ثم يتدفق خلال مجرى رأسي إلى مجرى مستعرض يقع أعلى مستوى الوقود في غرفة العوامة. ويتفرع مسار الوقود من هذا المجرى إلى قناتين، يقنن الوقود في إحداهما بواسطة منفث سرعة اللاحمل، ليكون مع الهواء الداخل من خلال ثقب هواء اللاحمل، مستحلب الوقود والهواء. ويتدفق هذا الخليط إلى أسفل من خلال ثقب يتحدد مقطعه بواسطة برغي (مسمار) معايرة خليط سرعة اللاحمل.

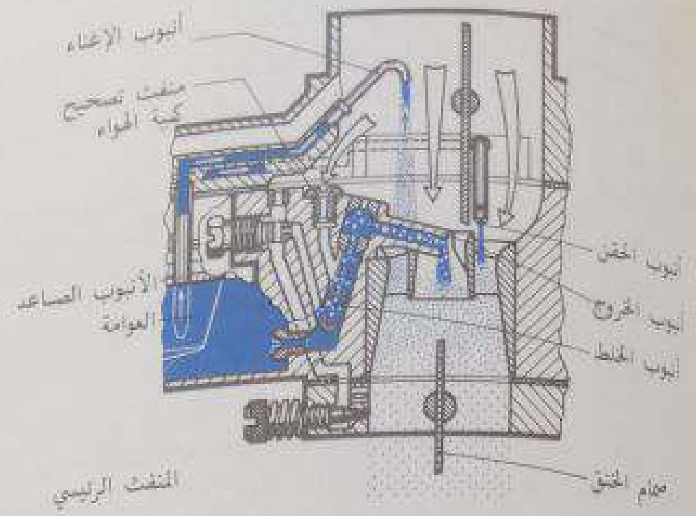
وتغذى ثقوب تحويل الوقود بالخليط من هذه القناة أيضا. وتسحب كمية خليط الوقود والهواء - المقننة بواسطة برغي (مسمار) معايرة سرعة اللاحمل - إلى داخل أنبوب واسع يدخله أيضا خليط الوقود والهواء الدوّار.

ويتم تقنين الوقود في القناة الثانية أيضا بواسطة منفث، وكذلك خلطه بالهواء المتدفق من خلال ثقب معاير. ويتدفق هذا الخليط إلى أسفل ثم خلال ثقب مستعرض، حيث يخلط مع الهواء الداخل من غرفة الخلط ليكون معه خليط الوقود والهواء الدوّار. ويمكن التحكم في قطر هذا الثقب المستعرض، وبالتالي في معدل تدفق خليط الوقود والهواء الدوّار، بواسطة مسمار معايرة الهواء الدوّار. ويصب هذا الخليط في أنبوب واسع حيث يمتزج بالخليط الآتي من القناة الأولى والسابق وصفه. ثم يمتص الخليط الكلي إلى داخل غرفة الخلط عبر ثقب مستعرض واسع يقع خلف صمام الخنق ويختلط هناك مع الهواء الداخل عبر ثقب في صمام الخنق. ويمنع صمام قطع ذو تحكم كهرومغنطيسي دخول الخليط إلى غرفة الخلط أثناء توقف المحرك. ويتوقف بذلك الاحتراق اللاحق تماما.

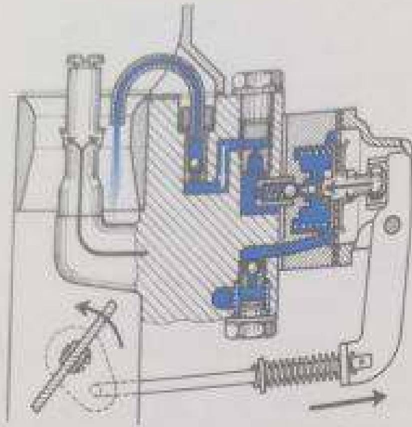
التشغيل العادي: يتدفق الوقود أثناء التشغيل العادي عبر منفث الوقود الرئيسي في حامل أنبوب الخلط وسط قمع الهواء (فنتوري). ويوضع أنبوب الخلط من أعلى داخل تجويف حامل أنبوب الخلط (شكل ١٠٧ - ١)، المثبت في كمية الهواء المتدفق. ويسحب الوقود من ثقوب الخروج بأنبوب الخلط، تحت تأثير الضغط المنخفض في عنق الفنتوري، حيث يختلط مع الهواء المتدفق. ويتناسب الضغط المنخفض الحاصل في أنبوب المص طرديا مع مربع سرعة تدفق الهواء. ومعنى هذا أنه لثلاثة أمثال سرعة المحرك - وبالتالي ثلاثة أمثال سرعة الهواء في الفنتوري تقريبا - يزداد انخفاض الضغط في أنبوب المص إلى تسعة أمثاله. ويؤدي هذا إلى زيادة إغناء الخليط عند سرعات المحرك العالية. ولتجنب ذلك يزود أنبوب الخلط بعدد من الثقوب الجانبية الضيقة. وبزيادة انخفاض الضغط في عنق قمع الهواء (فنتوري)، يزداد ارتفاع الوقود في حامل أنبوب الخلط بينما يهبط مستواه في أنبوب الخلط (شكل ١٠٧ - ١ ب)، مما يؤدي إلى دخول هواء تعويض عبر منفث تصحيح كمية الهواء - ويسمى أيضا بهواء الكبح، ويختلط الهواء - المتدفق من الثقوب الصغيرة لأنبوب الخلط - مع الوقود المسحوب عبر المنفث الرئيسي ويكونا خليطا رغويا. وبذا تنخفض نسبة الوقود في خليط الوقود والهواء. ويمكن بذلك الحصول على نسبة خلط مناسبة لجميع سرعات دوران المحرك.

تجهيزة إغناء الخليط: يقوم أنبوب الإغناء الإضافي (شكل ١٠٩ - ١) بزيادة نسبة الوقود إلى الهواء مرة أخرى عند السرعات العالية والحمل الكامل، لتحقيق القدرة القصوى للمحرك. ويتصل أنبوب الإغناء بالعوامة بواسطة الأنبوب الصاعد المقنن. تقع فوهة أنبوب الإغناء فوق مستوى قمع الهواء (الفنتوري)، أي في منطقة منخفضة الضغط. ولا يكفي الانخفاض القليل في الضغط هذا لسحب الوقود من الفوهة عند السرعات المنخفضة والمتوسطة، إلا أنه يكون كافيا لذلك عند السرعات العالية. ويتم إغناء الخليط بواسطة مضخة تعجيل (تسارع) (شكل ١٠٩ - ٢)، ويطلق عليها أحيانا مضخة إغناء، نظرا لطبيعة الوظيفة التي تقوم بها.

تجهيزة التعجيل (التسارع): لكي يمكن إسراع سير المركبة الآلية في زمن قصير، عند تخطي مركبة أخرى دون أخطار مثلا، تتحتم زيادة سرعة المحرك في زمن قصير. إلا أن الفتح المفاجئ لصمام الخنق يؤدي إلى زيادة بطيئة نظرا لانخفاض الضغط في المكربن، وبالتالي



١٠٩-١ طريقة عمل المكربن ذو أنبوب الإغناء عند الحمل الكامل والدرجات العالية.



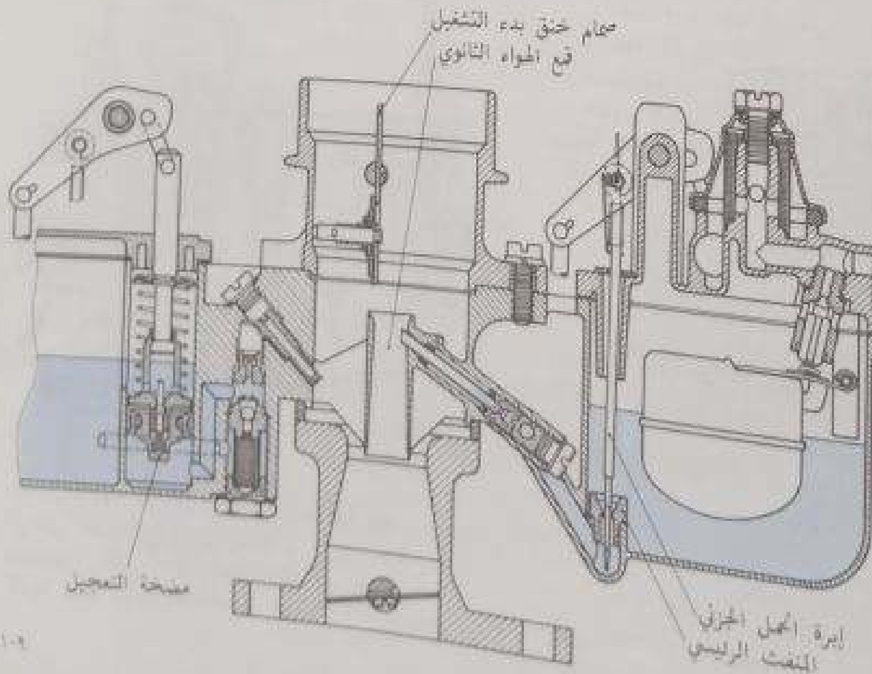
١٠٩-٢ طريقة عمل المكربن أثناء التعجيل (التسارع) والإغناء بواسطة مضخة تعجيل. يظل الصمام الكروي في الوسط مفتوحا أثناء فتح صمام الخنق. يؤدي ازدياد الخافض الضغط إلى ارتفاع سرعة دوران المحرك وبالتالي إلى سحب كمية أكبر من الوقود إلى قمع الهواء (الفنتوري)، بواسطة مضخة التعجيل، وبذا ترتفع نسبة الوقود في الخليط، أي يصبح الخليط غنيا.

إلى زيادة بطيئة في معدل سحب الوقود. ولذلك يجب تزويد المحرك بكمية إضافية من الوقود. ويتم هذا بواسطة مضخة التعجيل (شكل ١٠٩-٢) التي تصمم على نمط المضخات ذات الغشاء.

يتدفق الوقود إلى مجموعة المضخة من غرفة العوامة عبر صمام كروي. وفي حالة عدم التشغيل يتم ضغط غشاء المضخة ضد ذراعها بواسطة نابض الغشاء. وعند فتح صمام الخنق يضغط ذراع المضخة الغشاء إلى الداخل. ويؤدي هذا إلى ضخ وقود إضافي من أنبوب الحقن إلى داخل غرفة الخلط. ويعمل هذا الوقود الإضافي المرشوش على إغناء الخليط وتحقيق التعجيل (التسارع) المنشود في فترة قصيرة. وعند إعادة غلق صمام الخنق يعود غشاء المضخة إلى وضع عدم التشغيل، نتيجة ضغط نابض الغشاء عليه. وبذا تمتلئ مجموعة المضخة بالوقود مرة أخرى. وأثناء عملية حقن الوقود بواسطة مضخة التعجيل، يمنع صمام لا رجعي - موجود بأنبوب توصيل المضخة بغرفة العوامة - عودة تدفق الوقود إلى غرفة العوامة. كما يوجد صمام لا رجعي آخر عند مخرج المضخة، يمنع سحب الهواء من غرفة الخلط أثناء شوط سحب الوقود إلى المضخة. ويقوم نابض الضغط المثبت على ساق التوصيل بإطالة زمن الحقن بالمضخة أثناء عملية التعجيل.

٤-١-٨-٢ التجهيزات الإضافية بمكربن أوبل (Opel)

يستعمل صمام خنق مزود بصمام ترددي في هذه التجهيزة، لبدء تشغيل المحرك البارد. ويمكن تشغيل التجهيزة يدويا من لوحة الأجهزة، بواسطة سلك شداد.



١٠٩-٣ رسم تخطيطي لمكربن أوبل ذي التيار الهوائي الهابط.

وعند التشغيل بالحمل الجزئي أو بالحمل الكامل، يتدفق الوقود من غرفة العوامة عبر المنفث الرئيسي من خلال قناة إلى منفث الحمل الكامل، ومن هناك إلى أنبوب الخلط المائل، الذي يصب أعلاه في قمع الهواء (الفنتوري) الثانوي (شكل ١٠٩ - ٣)، حيث يخلط الوقود بالهواء جيدا. ويتم تغيير مساحة مقطع المنفث الرئيسي بواسطة إبرة الحمل الجزئي، التي تشغل بواسطة صمام الخنق.

وتكون تجهيزة سرعة اللاحمل في هذا المكربن منفصلة تماما عن تجهيزتي الحمل الجزئي والحمل الكامل. ويخرج الوقود من خلال ثقبين في أنبوب المص بالمكربن يقع أحدهما أسفل صمام الخنق والثاني بجواره مباشرة.

أما مضخة التعجيل فهي من نوع المضخات ذات الكباس، ويتم تشغيلها بذراع متصلة بإبرة الحمل الجزئي وصمام الخنق.

٤ - ١ - ٨ - ٣ المكربن متعدد المراحل

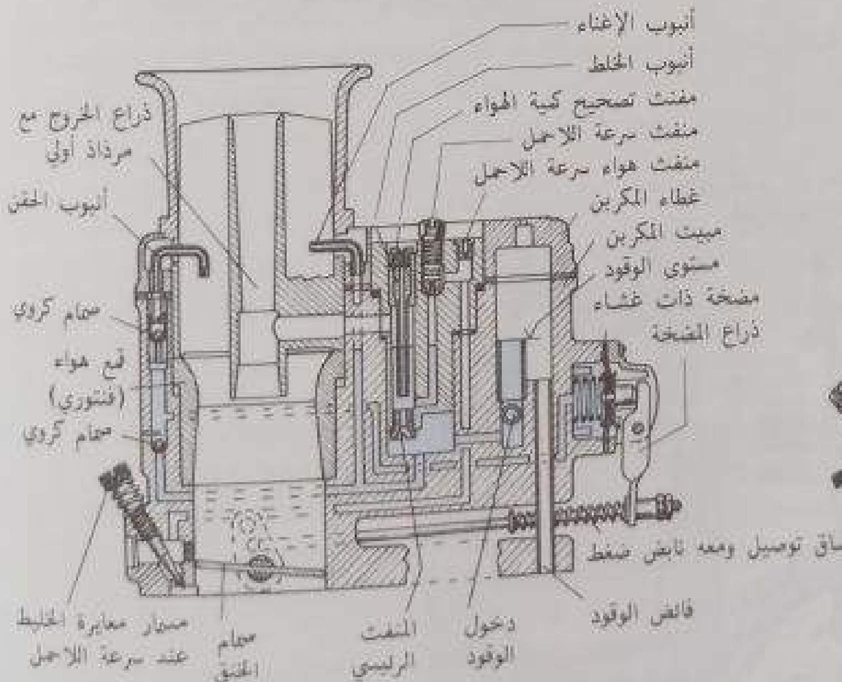
تكون اختلافات سرعات التدفق في أنبوب السحب كبيرة جدا في المحركات عالية السرعة. ويتطلب ذلك استعمال أنبوب سحب ذي مقطع كبير عند سرعات دوران المحرك العالية، الأمر الذي ينتج عنه نقص في انخفاض الضغط في أنبوب السحب عند سرعات المحرك المنخفضة، ويتبعه انخفاض معدل سحب الوقود. ولتجنب هذا العيب يستعمل مكربن متعدد المراحل، أو ما يسمى أيضا بالمكربن المنظم أو المعدَّل.

ويحتوي المكربن متعدد المراحل (شكل ١١٠ - ١) على قناتي سحب تلتقيان عند أنبوب السحب (المص). وتكون كل قناة منهما مرحلة يرمز إليها بالمرحلة الأولى والمرحلة الثانية، نظرا لتعاقب فتحهما، ويخص كل قناة منهما صمام خنق. ويشغل صمام الخنق للمرحلة الأولى بواسطة ذراع المكربن من دعسة السير، ويتصل صمام الخنق الأول هذا بعمود صمام الخنق الثاني عبر ساعد. ويبدأ فتح صمام الخنق الثاني عندما يكون صمام الخنق للمرحلة الأولى مفتوحا بقدر يزيد قليلا عن مقدار نصف فتحته.

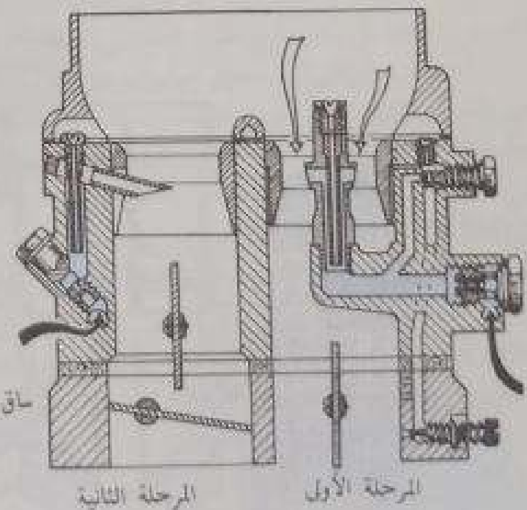
ويوجد في قناة سحب المرحلة الثانية - أسفل صمام الخنق - صمام تفريغ محمل بثقل موازنة يستجيب تلقائيا لتأثير انخفاض الضغط. ويفتح صمام الضغط المنخفض هذا عند سرعات دوران المحرك العالية وعند الحمل الكبير. ويتحدد ابتداء الفتح بكتلة ثقل الموازنة. ويتيح صمام الضغط المنخفض استعمال أكبر قمع هواء (فنتوري) ممكن في المرحلة الثانية. وبذا يمكن الحصول على أكبر قدرة دون الإضرار بأداء المحرك عند سرعات الدوران المنخفضة. ويحتوى المكربن متعدد المراحل على تجهيزة (مكربن) بدء تشغيل مزودة بصمام منزلق دوراني، يمكن التحكم فيه عن طريق شد الذراع المتصل به. ويصب الوقود الخارج من تجهيزة بدء التشغيل في قناة سحب المرحلة الثانية من خلال ثقب يقع بين صمام الخنق وصمام الضغط المنخفض، وعند بدء التشغيل يفتح صمام الضغط المنخفض قليلا.

وتؤثر كل من تجهيزة سرعة اللاحمل ومضخة التعجيل على المرحلة الأولى فقط. وتسحب كمية الخليط اللازمة للتشغيل المعتاد بكاملها من المرحلة الأولى فقط. أما المرحلة الثانية فتشارك في تحضير الخليط فقط في حالة التشغيل عند الأحمال الكبيرة وسرعات الدوران العالية أو عند بدء التشغيل.

ويمكن تزويد المرحلة الثانية بصمام خنق فقط. وفي هذه الحالة يضبط صمام الخنق بحيث يظل مغلقا حتى نصف فتحة صمام الخنق بالمرحلة الأولى، ويفتح فقط عند الانخفاض الشديد في الضغط، أي عند سرعات دوران المحرك المرتفعة.



١١٠ - ٢ مكربن ذو أنبوب للفائض مصنوع كمكربن ذي تيار هوائي هابط. يحدد ارتفاع الوقود في أنبوب التغذية ارتفاع الوقود في المكربن.



١١٠ - ١ طريقة عمل مكربن سولكس (Solex) متعدد المراحل عند حمل كامل وسرعات دوران محرك منخفضة. يكون صمام الضغط المنخفض للمرحلة الثانية مغلقا نتيجة قلة انخفاض الضغط.

٤-١-٨-٤ المكربن ذو أنبوب الفائض

لقد طورت المكربنات ذات أنبوب الفائض لسيارات السباق لتحقيق ثبات مستوى الوقود في أنبوب الخلط لكل ظروف التشغيل، مثل التسارع الشديد وتباطؤ الكبح والسير السريع في المنعطفات. وتبنى هذه المكربنات على نمط المكربنات ذات التيار الهوائي الهابط (شكل ١١٠ - ٢). وعند عدم توافر الحيز اللازم فتنتج كمكربنات ذات تيار هوائي مائل. ولا يوجد في هذا النوع من المكربنات غرفة عوامة ولا عوامة ولا صمام عوامة إبري. وهي تصلح للاستعمال في التجهيزات متعددة المكربنات بشكل خاص، كما تمتاز بأنها تزود المحرك بوقود بارد دائما مما يمنع تكون فقاعات بخار الوقود (عائق بخاري).

ولتحديد المستوى الصحيح للوقود في أنبوب الخلط، يستعمل أنبوب فائض يقع بالقرب من مخرج الخليط. ويستعمل أنبوب دخول الوقود كأنبوب فائض للمكربنات ذات التيار الهوائي الهابط. أما المكربنات ذات التيار الهوائي المائل فيستعمل أنبوب الإرجاع بها كأنبوب فائض. وبهذا يظل تدفق الوقود إلى المكربن ثابتا، وبمعدل يتيح بقاء فائض منه، حتى عند أكبر تحميل للمحرك. أما الوقود الفائض فيرجع من خلال أنبوب إرجاع الوقود.

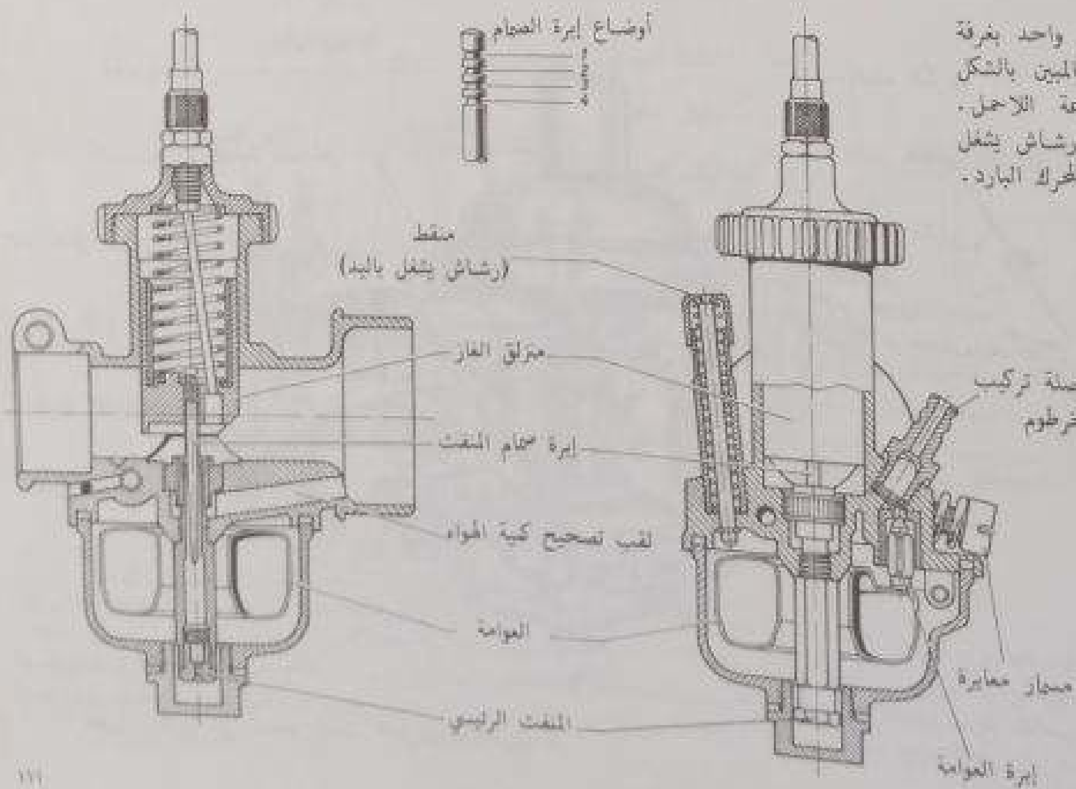
عند استعمال تجهيزة ذات مكربنين، يوجد خزان موازنة صغير يقع تحتهما ويسمى بغرفة العوامة. وتسحب مضخة الوقود الميكانيكية، الوقود من الخزان لتضخه في غرفة العوامة، حيث تنظم العوامة معدل تدفق الوقود بصمام العوامة الإبري. وتقوم مضخة ثانية (ميكانيكية أو كهربائية) بضخ الوقود من غرفة العوامة إلى المكربنين. أما الوقود الفائض فيرجع إلى غرفة العوامة من خلال أنبوب الإرجاع. وبنفس الأسلوب يتم تركيب أكثر من مكربنين في محرك واحد.

٤-١-٨-٥ المكربن المزدوج

تجهز بعض المحركات ذات الاستهلاك المرتفع للهواء بمكربن ذي قناتي سحب. وتمد كل قناة مجموعة معينة من أسطوانات المحرك بالخليط. وتصمم هذه المكربنات عادة على نمط المكربنات ذات التيار الهوائي الهابط. لذا فهي تسمى بمكربنات مزدوجة ذات تيار هوائي هابط، حيث تناظر في طريقة أدائها مكربنين منفصلين يشتركان معا في تجهيزة العوامة ومضخة التعجيل وتجهيزة بدء التشغيل. أما الأجزاء الأخرى الباقية فتوجد في كل مكربن على حدة، وتغذى كل من القناتين بالوقود عند كل ظروف التشغيل.

٤-١-٨-٦ المكربن ذو المنزلق للدراجات النارية (مكربن بنج Bing)

تتعرض مكربنات الدراجات النارية لظروف تشغيل أسوأ من تلك التي تتعرض لها مكربنات السيارات، إذ تحتوي محركات الدراجات النارية عادة على أسطوانة واحدة ونادرا ما تحتوي على أسطوانتين أو أكثر. لذا فتتم عملية سحب الشحنة على دفعات. ففي محركين متساويين في حجم الشوط ومختلفين في عدد الأسطوانات، يبلغ الزمن المتاح لشحن الأسطوانة في المحرك أحادي الأسطوانة ربع الزمن المتاح لشحن أسطوانة المحرك رباعي الأسطوانات. ولتحقيق هذه المتطلبات يستعمل مكربن بغرفة خلط ذات مقطع كبير، يتم تصغيره بواسطة منزلق (صمام منزلق) عند سرعات دوران المحرك المنخفضة. ويسمى هذا المكربن بالمكربن ذي المنزلق (شكل ١١١ - ١).



١١١ - ١ مكربن ذو منزلق واحد بغرفة عوامة مركزية. المكربن المبين بالشكل غير مزود بتجهيزة سرعة اللاحمل. يستخدم المنفث - وهو رشاش يشغل باليد - عند بدء تشغيل المحرك البارد.

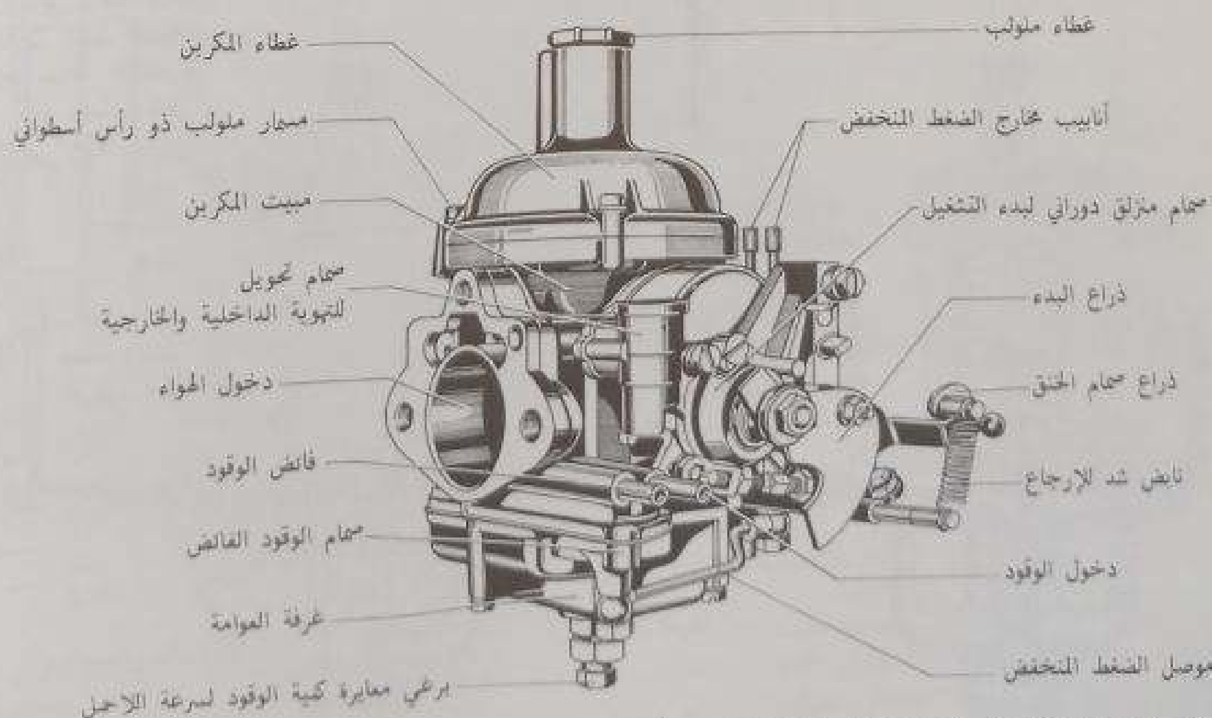
تركيب وطريقة عمل المكربن ذي المنزلق: المكربن ذو المنزلق عبارة عن مكربن ذي تيار هوائي مستعرض. يتدفق الوقود من غرفة العوامة عبر المنفث الرئيسي، الذي يحدد أكبر معدل التدفق، ليصب في غرفة الخلط حيث يذرى ويختلط بالهواء، ويوجد المنزلق في اتجاه مقابل لمخرج الوقود من غرفة الخلط. وتبرز إبرة مخروطية - مثبتة على المنزلق - من فتحة الخروج. وعند تحريك منزلق الغاز تغطس الإبرة في المنفث، ويؤدي هذا إلى تصغير المقطع المفتوح الذي يسمح بالتدفق بين المنفث والابرة، وبالتالي تعمل حركة الابرة الى على تحكيم مقطع التدفق. وتوجد عدة مجاري (حزوز) عند نهاية ساق الإبرة. وتمكن هذه المجاري من ضبط الابرة بالنسبة للمنزلق. فإذا ثبتت الإبرة في أسفل المنزلق - أي عند المجرى العلوي - يغذى المحرك بخليط فقير وبالعكس، إذا ثبتت الابرة عند أعلى المنزلق - أي عند المجرى السفلي - ينتج عن ذلك خليط غني. وتحقق التجهيزة السابق وصفها، نسب الوقود إلى الهواء بالخليط اللازمة لظروف التشغيل عند الحمل الجزئي، أو عند الحمل الكامل. أما عند دوران المحرك بسرعات منخفضة، فإن المحرك يغذى بالخليط عن طريق تجهيزة سرعة اللاحمل، المؤلفة من منفث سرعة اللاحمل لتقنين الوقود ومنفث هواء سرعة اللاحمل ومسمار معايرة الهواء. وعند ربط مسمار معايرة الهواء يزداد غنى خليط سرعة اللاحمل، مما يؤدي إلى خنق الهواء. وعلى العكس، إذا ما فك مسمار المعايرة هذا، ترتفع نسبة الهواء وتنخفض نسبة الوقود في الخليط، مما يؤدي إلى إفقاره. ولا تزود مكربنات المحركات الصغيرة بتجهيزات خاصة لسرعة اللاحمل، وإنما يتم التحكم في الخليط في هذه الحالة بواسطة التجهيزة المكونة من الابرة والمنفث. ويزوّد كثير من مكربنات الدراجات النارية بمنقط (رشاش يشغل باليد) لبدء تشغيل المحرك. ويضغط المنقط العوامة إلى أسفل، بقدر يتيح للوقود الخروج من المنفث الابري، مؤديا بذلك إلى إغناء الخليط. وفي حال وجود صمام منزلق على مرشح الهواء، فإن هذا يبقى مغلقا إلى أن تتم تدفئة المحرك.

٤ - ١ - ٨ - ٧ المكربن ذو الضغط الثابت أو مكربن شترومبرج (شكل ١١٢ - ١ وشكل ١١٣ - ١)

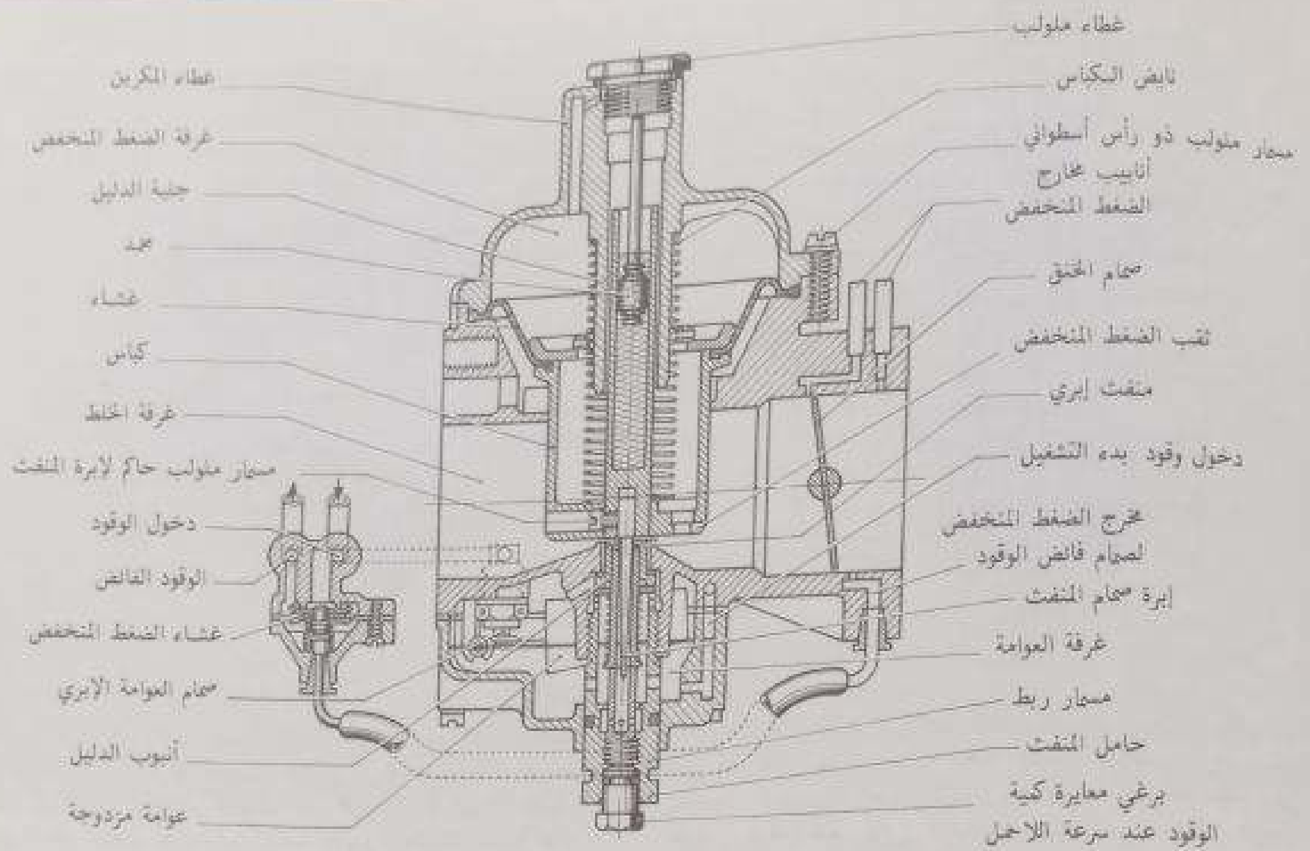
المكربن ذو الضغط الثابت، هو عبارة عن مجموعة مؤتلفة من مكربن ذي منزلق ومكربن ذي صمام خنق. وينحصر اختلافه عن المكربن ذي المنزلق بالدراجات النارية، في أن الضغط المنخفض السائد فيه عند مخرج الوقود، يكاد يكون ثابتا في جميع حالات التشغيل.

تجهيزة العوامة: توجد تجهيزة العوامة في قاع المكربن (شكل ١١٣ - ١)، وتتكون من عوامتين وصمام عوامة إبري، ومهمتها المحافظة على مستوى الوقود ثابتا بالمكربن. كما يثبت صمام الوقود الفائض (شكل ١١٣ - ٢) في أنبوب تغذية الوقود الموصل إلى غرفة العوامة. ويتم التحكم في هذا الصمام بواسطة الضغط المنخفض الناشئ في أنبوب السحب بالقرب من صمام الخنق. وبذا تتم تغذية المكربن بوقود بارد بعض الشئ دائما، كما يمنع بذلك تكون فقاعات بخار الوقود في المكربن، وفي أنابيب تغذية الوقود. وتتم تهوية غرفة العوامة من الخارج عند سرعة اللاحمل، وفي حالة عدم تشغيل المحرك. أما عند التشغيل بحمل معين فيتولى صمام الضغط المنخفض (شكل ١١٢ - ١) تحويل التهوية من تهوية خارجية إلى تهوية داخلية. وبذلك يضمن ترشيح الهواء الداخل لغرفة العوامة أثناء التشغيل. وعند تحويل التهوية للخارج، يتم التخلص من أبخرة الوقود المتجمعة في غرفة العوامة، والمتكونة نتيجة لدرجات الحرارة العالية فيها، إذ إن هذه تؤثر على انتظام بدء التشغيل عند تشغيل المحرك الساخن بسرعة اللاحمل.

وتحتوي تجهيزة بدء تشغيل هذا النوع من المكربنات على صمام منزلق دوراني (شكل ١١٢ - ١)، يشغل بواسطة شد وصلة بدء التشغيل. ويقوم كباس بمنع إغناء الخليط - أي ارتفاع نسبة الوقود فيه - عقب بدء تشغيل المحرك، ويتم التحكم في هذا الكباس بالضغط

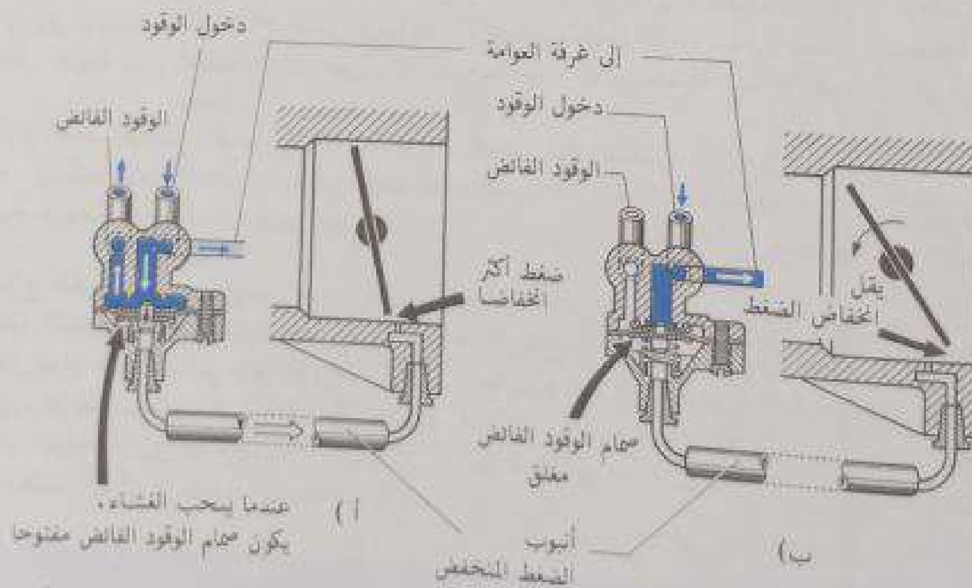


١١٢ - ١ صورة للمكربن ذي الضغط الثابت (مكربن شترومبرج)



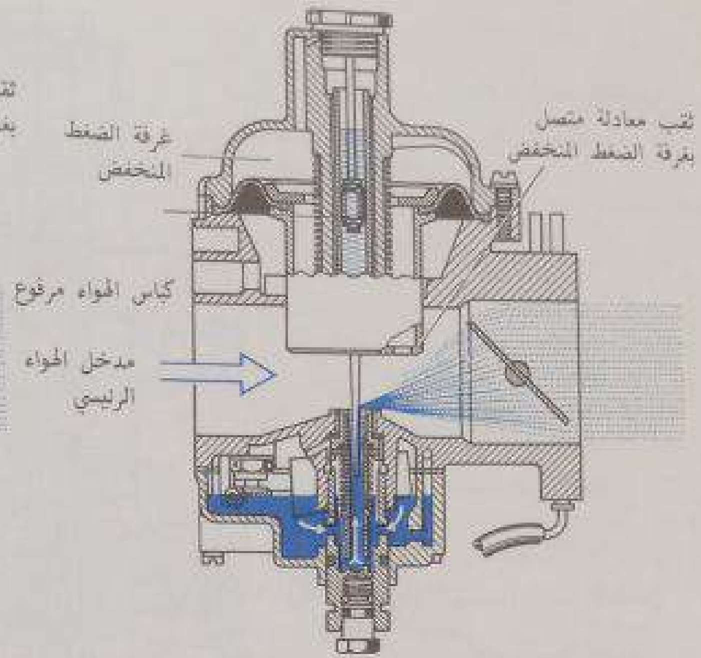
١١٣ - ١ رسم تخطيطي لمقطع بمكربن ذي ضغط ثابت (مكربن شترومبرج)

المنخفض. وهذا المكربن غير مزود بتجهيزة خاصة لسرعة اللاحمل. وتتحدد نسب خليط سرعة اللاحمل من وضع صمام الخنق، ووضع الكباس الذي ينضغط إلى أسفل بواسطة نابض عند سرعة اللاحمل، وكذلك من الإبرة المخروطية التي تتوسط المنفث الإبري، والتي تتحكم في معدل تدفق الوقود (شكل ١١٤ - ١). ويتم التحكم في زاوية فتح صمام الخنق - وبالتالي في سرعة المحرك عند سرعة اللاحمل - بواسطة برغي معايرة سرعة اللاحمل. أما معايرة خليط سرعة اللاحمل فتتم بواسطة ربط أو فك برغي معايرة وقود سرعة اللاحمل الموجود تحت غرفة العوامة.

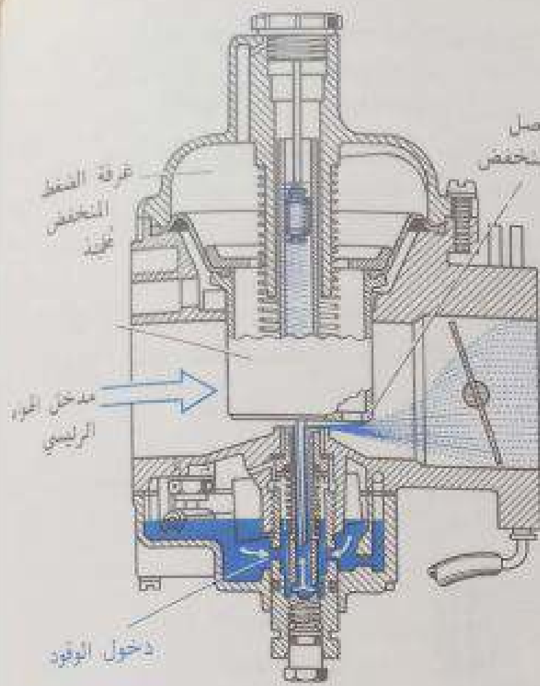


١١٣ - ٢ طريقة عمل صمام الوقود الفائض.
أ) يكون انخفاض الضغط في أنبوب الضغط المنخفض شديداً جداً، عندما يكون صمام الخنق مغلقاً أو شبه مغلق، مما ينتج عنه شد الغشاء ضد ضغط النابض. وبذلك ينفتح الصمام ويسمح للوقود الفائض بالرجوع إلى الخزان.

ب) بعد فتح صمام الخنق فتحة معينة، ينقطع تأثير الضغط المنخفض في أنبوب المص (السحب) عند مخرج الضغط، ويصبح الضغط المنخفض غير كاف لاستمرار فتح صمام الوقود الفائض، فيغلق هذا الصمام، وبذلك يحصل المحرك على كمية كافية من الوقود حتى عند الأحمال الكبيرة.



١١٤ - ١ طريقة عمل المكربن عند سرعة اللاحمل. ينضغط الكباس بواسطة النابض إلى أسفل. ونتيجة لتضييق المقطع في غرفة الخلط، تصبح سرعة الهواء كبيرة ويزداد انخفاض الضغط، عند مخرج المنفث الإبري، بحيث يكفي ذلك لسحب الوقود من المنفث الإبري، وكذلك لتذرية هذا الوقود المسحوب.



١١٤ - ٢ طريقة عمل المكربن عند التشغيل العادي. يتحرك الكباس إلى أعلى ضد قوة ضغط النابض، نتيجة انخفاض الضغط في غرفة الضغط المنخفض. وينشأ عن حركة الكباس ازدياد مناظر لمساحة مقطع تدفق الهواء في غرفة الخلط. يكون الكباس في أعلى موضع عند الحمل الكامل وسرعات المحرك العالية.

التشغيل العادي (شكل ١١٤ - ٢). عند فتح صمام الخنق يصل انخفاض الضغط بأنبوب السحب إلى غرفة الضغط المنخفض، عبر ثقوب المعادلة الموجودة في قاعدة الكباس. وتنفصل غرفة الضغط المنخفض هذه عن مبيت المكربن بواسطة غشاء، ويؤدي الفرق بين الضغط في غرفة الضغط المنخفض، والضغط أسفل الغشاء، إلى رفع الكباس. ويتناسب مقدار هذا الرفع مع كمية الهواء المتدفقة عند صمام الخنق، وينتج عنه ازدياد في مساحة مقطع قمع الهواء. وبهذا يبقى كل من سرعة الهواء ومقدار انخفاض الضغط عند مخرج المنفث الإبري ثابت تقريبا.

وتتحقق بذلك تذرية جيدة للوقود عند كل سرعات دوران المحرك. وتتحرك الإبرة المخروطية المثبتة بالكباس في نفس الوقت مع حركة الكباس. وكلما ازداد معدل الهواء المسحوب خلال المكربن، ازدادت حركة كباس الهواء إلى أعلى، وازدادت بالتالي الثغرة الحلقية لفتحة المنفث الإبري (فيزداد المقطع المتاح لتدفق الوقود)، وبذلك تتم التغذية بالوقود تلقائيا بالنسبة الصحيحة المناسبة لكمية الهواء المسحوب. ويشكّل مخروط إبرة المنفث بحيث يحقق دائما النسبة المطلوبة للوقود والهواء عند كل سرعات دوران وأحمال المحرك.

التسارع: يمنع المخمد الهيدرولي الموجود بعمود الكباس، التحرك السريع للكباس إلى أعلى عند فتح صمام الخنق بسرعة (تسارع) (شكل ١١٤ - ٢). وبذلك ينشأ انخفاض شديد في الضغط لفترة قصيرة عند فتحة منفث الوقود، مما يؤدي إلى إغناء الخليط. ويلعب الاختيار الصحيح للزوجة الزيت المستعمل في عمود الكباس دورا ملحوظا في سلامة الأداء عند البرودة الشديدة.

صيانة وإصلاح المكربن: يجب تنظيف المكربن على فترات معينة، إذ تتجمع شوائب وماء بصفة خاصة في قاع مبيت العوامة. ويستعمل في عملية التنظيف هواء مضغوط بضغط غير مفرط الارتفاع. كما لا يجوز استعمال أجسام صلبة في تنظيف المنافث، وإلا اتسعت أقطار ثقوبها الدقيقة، التي سبق معايرتها. كما يجب ربط جميع المسامير الملولبة في المكربن ربطا محكما، كي لا يتسرب الوقود إلى خارج المكربن، أو يتسرب الهواء إلى داخله. وفي حالة زيادة استهلاك المحرك للوقود، يجب اختبار جودة سطح قاعدة إبرة العوامة. ويجب تغيير صمام العوامة الإبري إذا وجدت به تشوهات. كذلك قد يؤدي مرشح الهواء المسدود إلى زيادة استهلاك الوقود. وفي هذه الحالة يجب إما تنظيف المرشح أو تغييره إذا استدعى الأمر ذلك.

الملخص:

- يقوم المكربن بتذرية الوقود وخلطه مع الهواء بالنسبة الصحيحة.
- هناك عدة أنواع من المكربنات هي: المكربنات ذات التيار الهوائي الهابط، والمكربنات ذات التيار الهوائي الصاعد، والمكربنات ذات التيار الهوائي المستعرض، وأخيرا المكربنات ذات التيار الهوائي المائل.
- تجري عملية أخذ (سحب) الوقود في قمع الهواء (فنتوري)، حيث يسود أقصى تأثير للمص

- عند بدء تشغيل المحرك، يجب أن يتولى المكربن التغذية بقدر أكبر من الوقود. ويستعمل في هذا الشأن صمام خنق بدء التشغيل، وتجهيزة بدء التشغيل ذات الصمام المنزلق الدوراني. وعند وجود تجهيزة بدء تشغيل، يجب عدم الضغط على دعسة البنزين عند بدء التشغيل.
- يزود المكربن بتجهيزة لسرعة اللاحمل، لتحضير الخليط اللازم لتشغيل المحرك عند سرعة اللاحمل. ويستفاد لهذا الغرض من الانخفاض الشديد في الضغط عند صمام الخنق.
- تضبط سرعة المحرك عند سرعة اللاحمل، بواسطة مسمار صد صمام الخنق. أما نسبة الخلط فتضبط بواسطة برغي (مسمار) معايرة خليط سرعة اللاحمل.
- تتحقق نسبة الوقود إلى الهواء المطلوبة، عند الحمل الجزئي والحمل الكامل، بتأثير هواء الكبح.
- يزود مكربن أوبل (Opel) بإبرة حمل جزئي خاصة.
- تحقن مضخة التعجيل كمية إضافية من الوقود في أنبوب السحب بالمكربن، لكي يتم تعجيل المحرك في زمن قصير.
- يزود أنبوب الإغناء المحرك بكمية إضافية من الوقود، عند السرعات العالية.
- عند كل ظروف التشغيل، يظل مستوى الوقود ثابتا، في أنبوب الخلط بالمكربنات ذات أنبوب الفائض. وتلائم هذه المكربنات الاستعمال في محركات سيارات السباق السريعة.
- يفضل استعمال مكربنات متعددة المراحل للمحركات ذات المجال الكبير لتغير السرعة. وفي هذه المكربنات يسحب الوقود اللازم للخليط - عند الأحمال المنخفضة والمتوسطة - من أنبوب مص المرحلة الأولى فقط. أما المرحلة الثانية فتشارك في عملية التغذية تلقائيا عند ارتفاع السرعة، وعند الأحمال الكبيرة.
- يحتوي المكربن المزدوج على تجهيزة عوامة واحدة، ومضخة تعجيل واحدة، وكذلك على تجهيزة بدء تشغيل واحدة. أما الأجزاء الأخرى الباقية، فتوجد بشكل مضاعف، أي في كل مكربن على حدة.
- يتم تغيير مقطع تدفق الهواء في المكربن ذي المنزلق بواسطة هذا المنزلق. وينتج خليط غني عند تثبيت إبرة المنفث في وضع علوي. أما إذا ثبتت في وضع منخفض، فيكون الخليط الناتج فقيرا.
- يظل الضغط المنخفض عند منفث الوقود للمكربن ذي الضغط الثابت (مكربن شترومبرج) ثابتا عند كل سرعات دوران المحرك. ويتحكم هذا الضغط المنخفض في نسبة الوقود إلى الهواء. ويتم تغيير مساحة مقطع خروج الوقود من المنفث بواسطة إبرة معايرة كمية الوقود المثبتة في كباس الهواء. ويضمن كل من وضع العوامة المتمركز واتساع فتحة المنفث الإبري، ثبات مستوى الوقود في كل ظروف التشغيل.

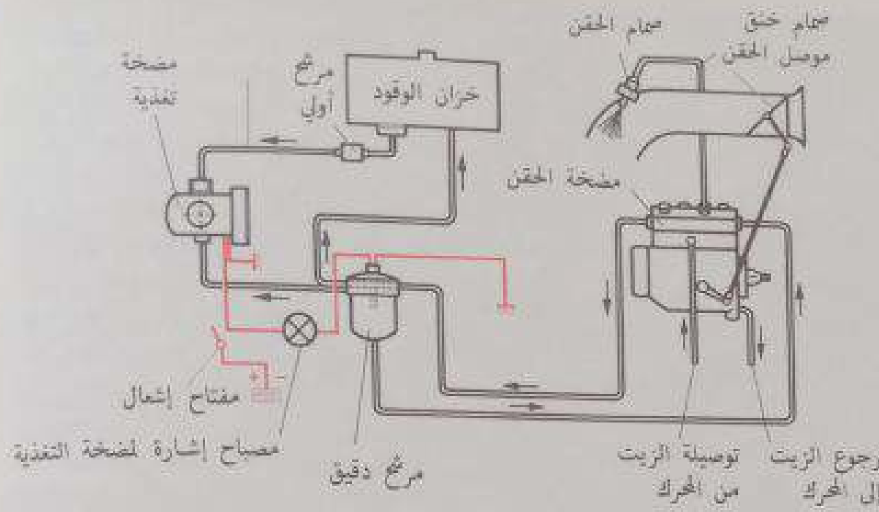
أسئلة :

١ - ما هي وظائف المكربن؟
٢ - أذكر نسبة الوقود إلى الهواء الواجب تحقيقها عند ظروف التشغيل المختلفة.
٣ - عرف الأجزاء الرئيسية للمكربن.
٤ - إشرح طريقة عمل تجهيزة العوامة.
٥ - ما هي وظيفة صمام الخنق؟
٦ - لماذا يجب زيادة نسبة الوقود إلى الهواء في الأسطوانة عند بدء تشغيل المحرك البارد.
٧ - إشرح طريقة عمل صمام خنق بدء التشغيل، وتجهيزة بدء التشغيل ذات الصمام المنزلق الدوار.
٨ - إشرح كيفية عمل بادئ التشغيل التلقائي.
٩ - إشرح طريقة عمل تجهيزة سرعة اللاحمل.
١٠ - كيف يتم ضبط سرعة اللاحمل؟
١١ - كيف يتم تحضير الخليط بنسبة الوقود إلى الهواء المطلوبة عند الحمل الجزئي، وعند الحمل الكامل؟
١٢ - بيّن كيفية إغناء الخليط عند السرعات العالية، والحمل الكامل.
١٣ - إشرح طريقة عمل مضخة التعجيل في مكربن سوليكس (Solex)، وفي مكربن أوبل (Opel).
١٤ - إشرح كيفية معايرة الخليط عند الحمل الجزئي، وعند الحمل الكامل في مكربن أوبل (Opel).
١٥ - إشرح طريقة عمل المكربن متعدد المراحل.
١٦ - أذكر الفرق بين المكربن ذي أنبوب الفائض، والمكربن العادي ذي العوامة.
١٧ - كيف يتم تحقيق نسبة الوقود إلى الهواء المطلوبة للخليط في المكربنات ذات المنزلق؟
١٨ - كيف يتم تحضير الخليط عند سرعة اللاحمل، في المكربن ذي الضغط الثابت (مكربن شترومبرج)؟
١٩ - إشرح طريقة عمل المكربن ذي الضغط الثابت (مكربن شترومبرج) أثناء التعجيل.
٢٠ - كيف يتم تكوين الخليط في المكربن ذي الضغط الثابت (مكربن شترومبرج) عند التشغيل العادي؟

٤ - ١ - ٩ عملية حقن البنزين

أن تطور محركات أوتو إلى محركات ذات قدرة أكبر لحيز الشوط، وتوفير أكثر في استهلاكها النوعي للوقود، واحتواء أقل على العناصر الضارة بالصحة في غازات عادمها، قد أدى إلى زيادة المتطلبات الخاصة بنوعية التحكم في معايرة الوقود (Fuel Measuring Control). وقد وجد أن هذه المتطلبات تصل إلى أفضل تحقيق لها باستخدام نظام حقن البنزين.

١١٦ - ١ رسم تخطيطي لمجموعة الحقن.



ولقد طورت مضخة حقن البنزين من مضخة الحقن في محركات الديزل. واستعملت في عام ١٩٥١ لأول مرة في المحركات ثنائية الشوط، من أجل خفض استهلاكها النوعي للوقود. وقد بدئ في عام ١٩٥٤ بتزويد المحركات رباعية الأشواط، بمضخات حقن البنزين إلا أن ارتفاع تكاليف إنتاج هذه المضخات ذات الكباسات، والمدارة ميكانيكيا، قد أدى إلى الحد من انتشار استعمالها.

وكانت أول دورة لحقن البنزين المنتجة تقوم بحقنه مباشرة في غرفة الاحتراق، بينما تحقن الأنواع المستعملة حاليا البنزين في أنبوب المص، قبيل صمام الدخول. وبذلك لا تكون هناك حاجة إلى ضغوط حقن عالية. ويمكن إتمام الحقن عند ضغوط حقن أقل. ويكون الفقد في القدرة الناشئ في هذه الحالة صغيراً جداً. ولقد طوّر حقن البنزين ليتم التحكم فيه إلكترونيا، لتقليل نسبة المواد الضارة في غازات العادم. ولقد ساعد التطور السريع في مجال الالكترونيات على ذلك. وتتميز دورة حقن البنزين بالتحكم الالكتروني، بانخفاض تكاليف إنتاجها، مقارنة بتكاليف إنتاج مجموعة الحقن بتحكم ميكانيكي. ولقد تم تزويد محركات سيارات ركوب الأشخاص، بحقن بنزين بتحكم إلكتروني لأول مرة في عام ١٩٦٧.

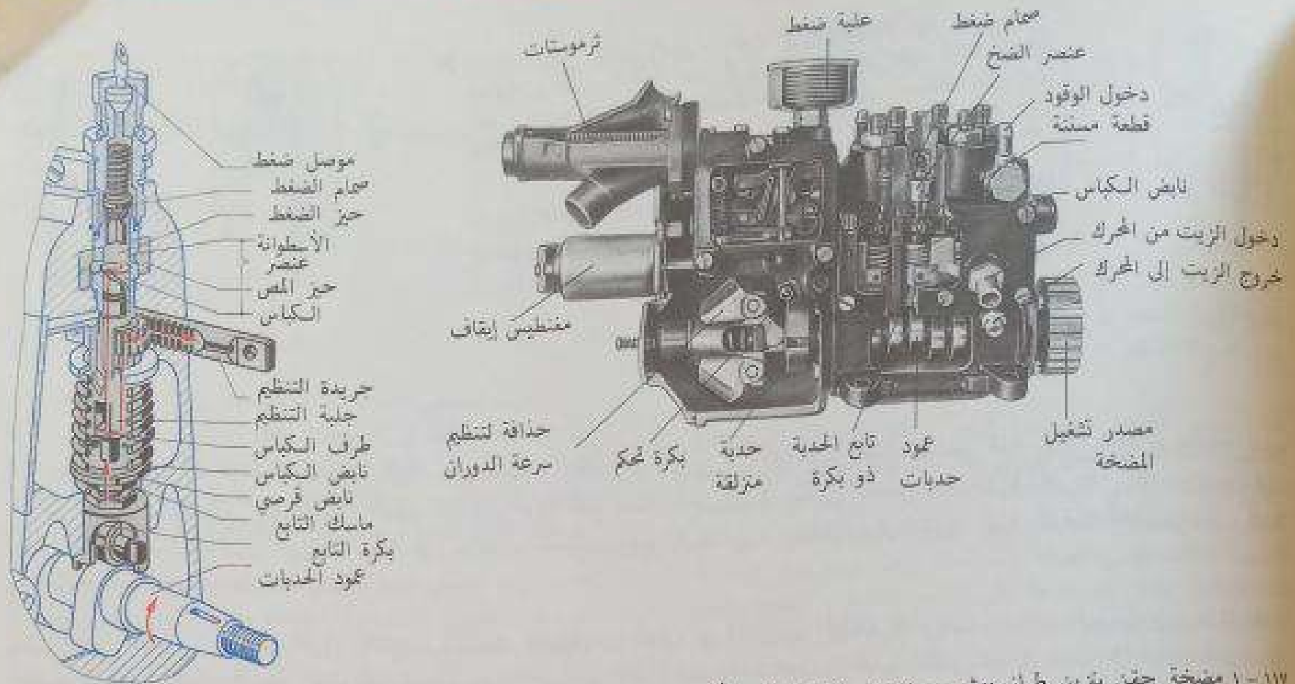
٤ - ١ - ٩ - ١ حقن البنزين بالتحكم الميكانيكي (الحقن الميكانيكي للبنزين)

دورة الحقن (١١٦ - ١). يُسحب الوقود من الخزان بواسطة مضخة تغذية تدار كهربائيا. وقد يمر من خلال مرشح أولي قبل دخوله إلى مضخة التغذية. ثم يُدفع إلى مضخة الحقن مارا بمرشح دقيق (شكل ١١٦ - ٢). وتضغط مضخة الحقن الوقود الموجود فيها بضغط مرتفع يتراوح بين 15 bar و 18 bar، وتدفعه في أنابيب متساوية الطول ليصل إلى صمامات الحقن (الرشاشات). ويرجع الوقود الزائد عن الحاجة من خلال أنابيب رجوع الفائض عبر موصل الرجوع بالمرشح الدقيق إلى خزان الوقود.

تتلخص وظيفة مضخة الحقن، في تزويد المحرك بكمية البنزين اللازمة، في كل ظروف التشغيل. وهي مصنوعة على شكل مضخة بكباس، ويخص كل أسطوانة من أسطوانات المحرك وحدة حقن مستقلة. ويتم التحكم في كمية البنزين المحقون وفقا لأحد النظامين:



١١٦ - ٢ مرشح دقيق. تتطلب الأجزاء شديدة الحساسية، دقيقة التشغيل - التي تتركب منها مضخة الحقن ومنفثها - ترشيح الوقود ترشيحا دقيقا. ويوجد في علب المرشحات عناصر ترشيح بشكل نجمي أو بشكل ملتف قابلة للاستبدال. ويتدفق الوقود في عناصر الترشيح ذات الشكل النجمي (شكل أ) إلى الداخل باتجاه نصف قطري، بينما يكون تدفقه في عناصر الترشيح ذات الشكل الملتف (شكل ب وشكل جـ) في الاتجاه الطولي.



١١٧ - ١ مضخة حقن بنزين طراز بوش - Bosch. يحتوي الجزء الأيمن للمضخة - وهو جزء عناصر الضخ - على عمود الحدبات (الكامات) وتابع الحدبة ذي البكرة وعناصر الضخ، وكذلك على جريدة التنظيم (جريدة مسننة) (غير موضحة بالشكل). وقد رتبت عناصر الضخ في وضع متجاور في صفين، لتحقيق قصر الطول وخفة الوزن للمضخة. أما الجزء الأيسر - وهو جزء التنظيم - فيحتوي على أجهزة التصحيح اللازمة لكل طرف من ظروف التشغيل.

١١٧ - ٢ طريقة عمل مضخة الحقن: تؤدي الحركة الدورانية لعمود الحدبات (الكامات) إلى تحريك تابع الحدبة وبالتالي رفع الكباس إلى أعلى، حيث ينضغط الوقود الموجود بغرفة الضغط نتيجة لذلك، ليخرج من خلال صمام الضغط إلى أنبوب (موصل) الضغط. وينضغط نابض الكباس مما ينتج عنه إعادة الكباس وتابع الحدبة إلى وضعهما السفلي. ويتم تشغيل جريدة التنظيم (الجريدة المسننة) بطريقة غير مباشرة من دعسة السير، إذ تعشق أسنان جريدة التنظيم مع أسنان جلبة التنظيم، وعندئذ يمكن تدوير الجلبة بإزاحة جريدة التنظيم. وتنتقل حركة الجلبة الدورانية هذه إلى الكباس بواسطة طرف (بروز) الكباس، الذي يتداخل في مجرى جلبة التنظيم.

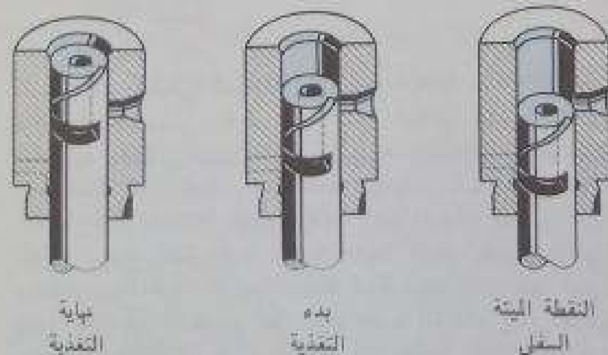
- (نظام بوش Bosch): ويتم فيه التحكم باستعمال حافة تحكم بالكباس، مع بقاء شوط الكباس ثابتاً.
- (نظام كوجيل فيشر Kugelfischer): ويتم فيه التحكم عن طريق تغيير طول الشوط.

ويدير المحرك مضخات الوقود بواسطة سيور مسننة أو سلاسل أو بواسطة تروس.

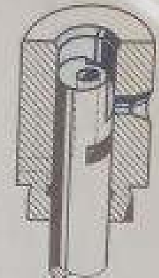
٤ - ١ - ٩ - ٢ مضخة حقن البنزين طراز بوش - Bosch (شكل ١١٧ - ١)

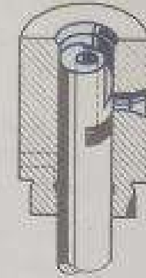
جزء الضخ: تركب أجزاء الضخ في مبيت المضخة المصنوع من سبيكة الإلكترون (سبيكة أساسها المغنسيوم). ويكون عدد هذه الأجزاء مساو لعدد أسطوانات المحرك. ويتكون كل جزء ضخ من أسطوانة وكباس (شكل ١١٧ - ٢). ويصنع كل من الكباس والأسطوانة من فولاذ مصلد السطح وبازدواج دقيق وجودة إنجاز عالية للسطح.

يبلغ الخلوص بين الكباس والأسطوانة بضع ميكرومترات 0,001 mm. ولذلك فليست هناك ضرورة لتجهيزها بحشو خاص لمنع التسرب. ولا يجوز استبدال الكباسات والأسطوانات، فيما بينها أو استبدال الكباس أو الأسطوانة، كل على حدة. يتصل الكباس بالأصبع التابع (الغماز) للمضخة، والذي يتدحرج على حدبة عمود الحدبات. وتثبت الأسطوانة بمبيت المضخة، حيث يتدفق الوقود إليها بصفة مستمرة وبطريقة دوامية من خلال ثقب الدخول، الذي يقع بغرفة الضغط.



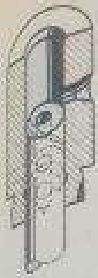
١١٧ - ٣ تغذية الحمل الكامل. عندما يتحرك الكباس إلى أسفل ينشأ انخفاض في الضغط في حيز الأسطوانة، ويكشف الكباس ثقب الدخول، فيتدفق الوقود في حيز الأسطوانة. وعندما يتحرك الكباس إلى أعلى تغلق حافة التحكم ثقب الدخول، وتبدأ عندئذ تغذية (ضغط) الوقود لتنتهي بوصول الكباس إلى النقطة الميتة العليا.





١١٨ - ١ تغذية الحمل الجزئي. تكون حافة التحكم في وضع يسمح فيما بإغلاق ثقب الدخول عند تحرك الكباس إلى أعلى، وتبدأ التغذية فقط، عندما تغطي حافة التحكم ثقب الدخول. وبذلك تقل كمية الوقود المحقون.

١١٨ - ٢ اللاتغذية (الإيقاف). يدار الكباس بحيث لا تغطي حافة التحكم به ثقب الدخول في أي نقطة أثناء الشوط كله. وبالتالي لا يمكن أن ينشأ ضغط، ومن ثم لا تحدث أية تغذية للوقود.



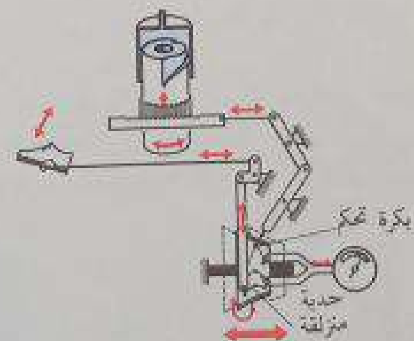
وفي حين يظل شوط كباس المضخة ثابتا، فإن مقداره يتحدد عن طريق إرتفاع الحدبة فقط. وتنظم كمية الوقود المحقون بواسطة إدارة كباس المضخة. ولتنظيم كمية الوقود المحقون تستعمل حافة تحكم مائلة (حلزونية) ومُفرَّزة بكباس المضخة (شكل ١١٧ - ٢). وتعمل هذه على إغلاق ثقب دخول الوقود مبكرا أو متأخرا، حسب وضع الكباس. وبذلك يمكن تغيير كمية الوقود المحقون لكل شوط (شكل ١١٧ - ٢ وشكلا ١١٨ - ١ و ٢).

تجهيزة التنظيم: لما كان المحرك يحتاج إلى كميات مختلفة من الوقود في الحالات المختلفة للسرعات، وعند تغيير السرعة، لتحضير خليط الوقود والهواء بالنسبة المطلوبة، فإنه تستعمل حدبة منزلقة (مجسمة) للتحكم في عملية الحقن (شكل ١١٨ - ٣). ويختلف شكل الحدبة المنزلقة (المجسمة) بحسب نوع المركبة الآلية.

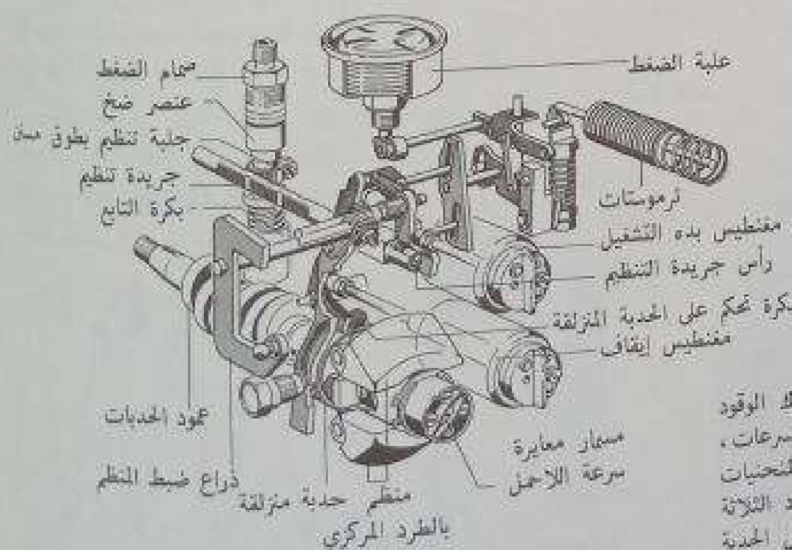
تجهيزات التصحيح (شكل ١١٨ - ٤). لتحقيق تقنين صحيح للوقود المحقون عند كل ظروف التشغيل، وعند تغير ضغط الهواء وظروف الجو، يلزم استعمال تجهيزات التصحيح الآتية:

مغنطيس البدء: تلزم كمية كبيرة من الوقود لبدء تشغيل المحرك. ويتولى مغنطيس البدء تقنينها. ويثبت هذا المغنطيس على مضخة الحقن، ويؤثر مباشرة على جريدة التنظيم (شكل ١١٨ - ٢). وعند بدء التشغيل يضغط مغنطيس البدء على جريدة التنظيم إلى ما بعد وضع الحمل الكامل. وبذلك يدار كباس المضخة إلى وضع ضخ البدء، ويتولى مفتاح توقيت وصل دائرة التيار الخاصة بتشغيل مغنطيس بدء الدوران. ويستعمل مفتاح توقيت حراري، في التصميمات الحديثة للتحكم في تجهيزة بدء التشغيل الإضافية. ويستمر حقن وقود إضافي في أنبوب السحب أثناء بدء التشغيل، حتى تصل درجة الحرارة إلى 45°C.

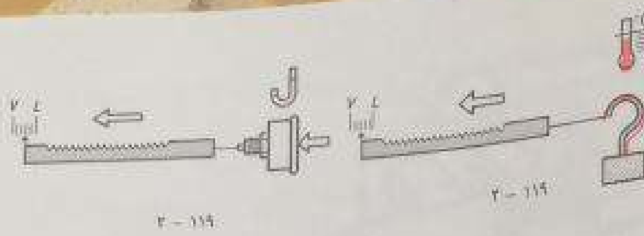
الترموستات: يستمر حقن وقود إضافي في المحرك، طالما كانت درجة حرارته أقل من درجة حرارةالتشغيل. ويتولى الترموستات (شكل ١١٩ - ٢) - الذي يتكون من عنصر يعمل بالتمدد الحراري - تنظيم عملية حقن الوقود الإضافي هذه. وتنقل حركة عنصر التمدد الحراري بواسطة رافعة زاوية إلى تجهيزة تصحيح نسبة الوقود ومنها إلى جريدة التنظيم.

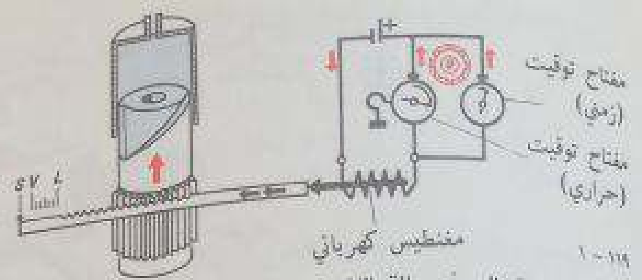


١١٨ - ٣ رسم تخطيطي لحدبة المنزلقة. ترسم منحنيات استهلاك الوقود بدلالة سرعة دوران المحرك على المدى الكامل لهذه السرعات، والفتحات المختلفة لصمام الخنق. وتسمى هذه المنحنيات بالمنحنيات الخصائصية لأداء المحرك. وتنقل هذه المنحنيات ذات الأبعاد الثلاثة (سرعة المحرك واستهلاك الوقود، وفتحة صمام الخنق)، لتشكيل الحدبة المنزلقة. وتزاح هذه الحدبة محوريا بواسطة المنظم بالطرد المركزي، وبدلالة سرعة المحرك. كما تدار بواسطة حركة دعسة السير طبقا لحمل. وتتولى بكرة تحكم بالتحسس على سطح الحدبة المنزلقة، وتنقل حركتها بواسطة ذراع نقل إلى جريدة التنظيم.



١١٨ - ٤ تقوم تجهيزة التنظيم مع تجهيزة التصحيح، بتحديد حركة جريدة التنظيم، بحيث يغذى المحرك بكمية وقود مقننة بالقدر الصحيح.





وضع جريدة التنظيم في حالة الاحمل = L
وضع جريدة التنظيم في حالة الحمل الكامل = V
وضع جريدة التنظيم عند بدء التشغيل = S

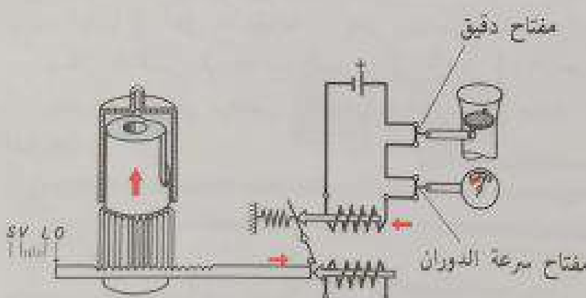
١١٩ - ١ رسم تخطيطي لمغنطيس البدء. تتكون الدائرة الكهربائية لمغنطيس البدء من مغنطيس كهربائي ومفتاحين متصلين على التوازي، هما مفتاح التوقيت الزمني ومفتاح التوقيت الحراري. وعند كل عملية بدء تشغيل، يسمح مفتاح التوقيت بمرور التيار الكهربائي لفترة تبلغ نحو ثانيتين، فيأخذ كباس المضخة أثناء هذا الزمن وضع ضخ (تغذية) البدء، بغض النظر عن درجة حرارة الجو الخارجي. ويسمح مفتاح التوقيت الحراري بتوصيل التيار إلى الدائرة لفترة أطول يتوقف مداها على درجة الحرارة الخارجية. وينحصر ذلك في نطاق درجات الحرارة دون 10°C إلى 15°C. ويعمل مفتاح التوقيت الحراري بتأثير ثنائي المعدن.

١١٩ - ٢ رسم تخطيطي للترموستات (منظم حراري). يسحب الترموستات جريدة التنظيم قليلاً في اتجاه وضع الحمل الكامل، عندما يكون المحرك بارداً. وبهذا يتلقى المحرك خليطاً غنياً ومفقراً بكل دقة. ويقل إغناء الخليط كلما ارتفعت درجة الحرارة. ويتلاشى تأثير الترموستات على جريدة التنظيم عندما تزيد درجة حرارة المحرك عن حد معين.

١١٩ - ٣ رسم تخطيطي لعلبة الضغط. تعمل علبة الضغط تبعاً لنظرية عمل البارومتر المعدني. تنقل حركة الغشاء بواسطة أصبع إلى رافعة آلية (تجهيزة) التصحيح، وبذلك تزيد كمية الوقود المحقون بزيادة الضغط وتقل بانخفاضه. وتعتبر علبة الضغط جهازاً حساساً. وعند تغيير علبة الضغط يجب إعادة ضبط مضخة الحقن على منصب اختبار المضخات.

علبة الضغط: يسحب المحرك - وهو موجود عند ضغط جوي مرتفع - كمية هواء أكبر من تلك التي يسحبها وهو في ضغط جوي منخفض، مثل الذي يسود في المناطق شديدة الارتفاع. لذلك يجب زيادة كمية الوقود المحقون عند الضغط الجوي المرتفع، لتحقيق النسبة المطلوبة من الوقود إلى الهواء. ويتم هذا التصحيح بواسطة علبة الضغط (شكل ١١٩ - ٣).

مغنطيس الإيقاف (شكل ١١٩ - ٤): يتلقى المحرك ذو المكربن وقوداً بصفة دائمة أثناء التشغيل، حتى لو لم يكن في حاجة إليه. يتضح هذا بصفة خاصة في حالة تدحرج سيارة، حيث يدار المحرك بواسطة السيارة المتدحرجة.* وتكون وظيفة مغنطيس الإيقاف في المحركات التي تعمل بحقن الوقود هي وضع جريدة التنظيم في وضع اللاتغذية، في حالة تدحرج السيارة. وبذلك لا يتلقى المحرك أي وقود. كذلك يعمل مغنطيس الإيقاف على تغذية المحرك بالوقود، بمجرد انخفاض سرعته عن حد معين، وإلا ظل المحرك متوقفاً بعد فصل القابض.



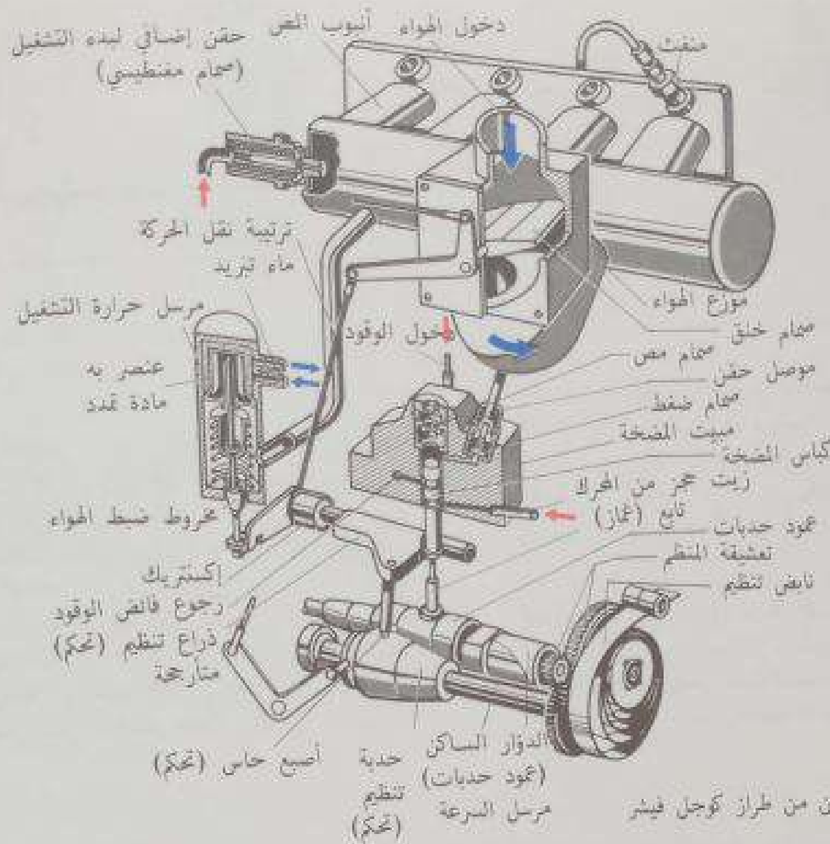
١١٩ - ٤ رسم تخطيطي لمغنطيس الإيقاف. يوصل المفتاح الدقيق دائرة تيار يوجد بها مغنطيس إيقاف، وذلك عندما يكون صمام الخنق مغلقاً. ويجذب المغنطيس جريدة التنظيم إلى وضع الصفر أي وضع اللاتغذية. ويتم تشغيل المفتاح الدقيق المثبت في أنبوب السحب بواسطة دعسة الوقود. ويفصل المفتاح الكهربائي الخاص بسرعة الدوران دائرة التيار عندما تنخفض سرعة المحرك إلى أقل من حوالي 1300 r.p.m. ويعود مغنطيس الإيقاف إلى وضعه الأصلي وتصبح جريدة التنظيم حرة. ويوصل مفتاح سرعة الدوران دائرة التيار مرة أخرى عند زيادة سرعة المحرك عن حوالي 1500 r.p.m. عند التعجيل.

٤-١-٩-٣ مضخة حقن البنزين طراز كوجل فيشر (Kugelfischer)

تعمل هذه المضخة بنظرية التحكم (التنظيم) في شوط الحقن. أي أنه يتم تنظيم كمية الوقود المحقون بواسطة تغيير شوط الكباس. وتوجد تجهيزات تنظيم خاصة لمطابقة كمية الوقود المحقون مع متطلبات بدء التشغيل وأثناء دوران المحرك وهو ساخن.

تركيب وطريقة عمل مضخة الحقن (شكل ١٢٠ - ١): يمكن إزاحة حدبة التنظيم (التحكم) بواسطة دعسة الوقود في اتجاه طولي، كما يمكن دورانها تبعاً لسرعة المحرك.

* السيارة المتدحرجة (تدحرج السيارة هو اندفاعها بقوة القصور الذاتي والمحرك معشق ودائر بدون تغذية وقود إضافية).

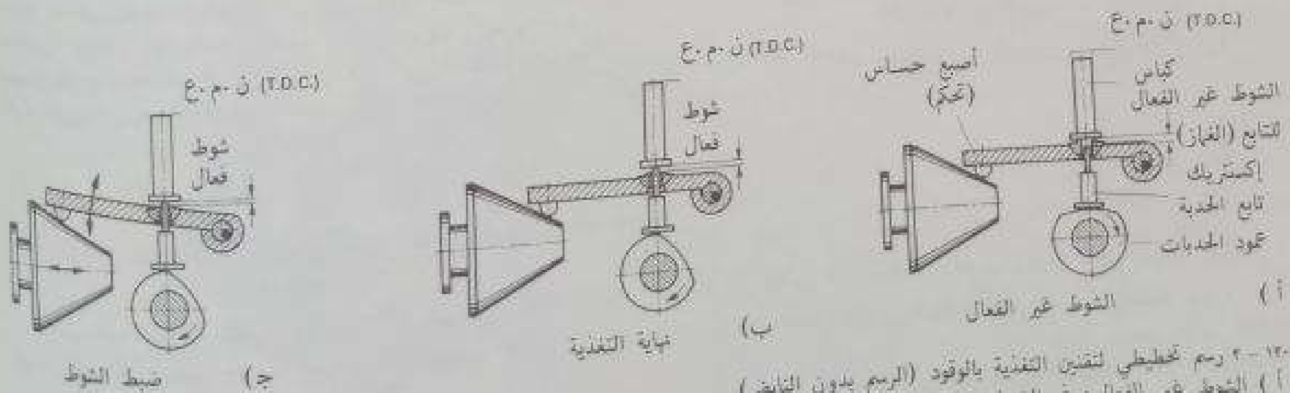


١٢٠ – ١ رسم تخطيطي لمضخة بنزين من طراز كوجل فيشر (Kugelfischer)

ويتقل الأصبع الحساس (أصبع التحكم) حركة الحدبة إلى ذراع التنظيم المتأرجحة والمحملة على لا متمركز (إكسنتريك). وتغير حركة ذراع التنظيم هذه طول شوط الكباس، وبالتالي كمية الوقود المحقون. يرتفع الكباس بواسطة تابع الحدبة إلى أعلى نتيجة حركة عمود الحدبة، أما نابض الكباس فيعمل على ضغط الكباس إلى أسفل ضد ذراع التنظيم المتأرجحة. ويتولى نابض تابع الحدبة ضغط التابع على الحدبة. ويقوم حساس حرارة التشغيل بإدارة إكسنتريك ذراع التنظيم، عند درجات الحرارة المنخفضة للمحرك، لكي يتيح حقن وقود إضافي في أسطوانات المحرك.

تقنين كمية التغذية بالوقود: يدخل الوقود إلى أسطوانة مضخة الحقن من أعلى عبر صمام السحب (المص). ويعمل هذا الصمام على منع الوقود من الرجوع إلى مجمع (حيز) السحب أثناء شوط التغذية. وبعد انتهاء هذا الشوط يقوم صمام التغذية (الضغط) - الذي يوجد أيضا في أعلى الأسطوانة - بغلق أنبوب الضغط، ويمنع بذلك رجوع الوقود إلى غرفة الضغط المرتفع.

يستقر الكباس في الوضع السفلي على قاعدة كروية موجودة في ذراع التنظيم المتأرجحة (شكل ١٢٠ – ٢). وترتفع ذراع التنظيم المتأرجحة إلى أعلى أو تنخفض إلى أسفل نتيجة لدوران حدبة التنظيم أو لحركتها المحورية، والتي تدفع أصبع حساس مثبت بذراع التنظيم المتأرجحة.



١٢٠ – ٢ رسم تخطيطي لتقنين التغذية بالوقود (الرسم بدون النابض)
أ) الشوط غير الفعال: في الشوط غير الفعال، يكون أصبع التحكم (الأصبع الحساس)، عند أدنى نقطة لحدبة التنظيم (التحكم) ويكون تابع الحدبة عند وضع النقطة الميتة السفلى، وعند دوران عمود الحدبة يتحرك تابع الحدبة إلى أعلى حتى يلامس الكباس. ولا تبدأ تغذية الوقود إلا بعد انتهاء الشوط غير الفعال المذكور.

ب) نهاية التغذية: يكون تابع الحدبة هنا عند أعلى رفع لحدبة، أما الكباس فيكون في النقطة الميتة العليا. ويعرف شوط التغذية (الشوط المستفاد منه) بمسافة تحرك الكباس من نقطة إرتفاعه عن ذراع التنظيم المتأرجحة، حتى وصوله إلى النقطة الميتة العليا.

ج) التغذية الجزئية: عند دوران حدبة التنظيم أو عند إزاحتها محوريا، ترتفع ذراع التنظيم المتأرجحة، وبذلك لا يستطيع الكباس التحرك إلى أسفل أكثر من هذه الحدود، مما يتبعه انخفاض كمية الوقود المغذى.

ويتم بذلك تغيير وضع النقطة الميتة السفلى للكباس، أما وضع النقطة الميتة العليا فيظل ثابتا، ويتحدد تبعا لارتفاع حدبة التنظيم (التحكم).

وكلما ارتفع وضع النقطة الميتة السفلى للكباس، صغر شوط التغذية وبالتالي قلت كمية الوقود المحقون أيضا. يبقى شوط تابع الحدبة – الذي يناظر ارتفاع الحدبة – ثابتا، إلا أن التغذية تبدأ فقط، عندما يبدأ التابع (العمار) في رفع الكباس الساكن على ذراع التنظيم المتأرجحة.

ويتحدد تنظيم كمية الوقود المحقون (شكل ١٢٠-٢) تبعا لتحميل المحرك أو سرعة دورانه. ولكي يتم تنظيم كمية الوقود المحقون عند تغيير الحمل، تزاح حدبة التنظيم في اتجاه طولي بواسطة ذراع ضبط المضخة المتصل بصمام الخنق. أما تنظيم كمية الوقود تبعا لتغيير سرعة المحرك، فيتم بدوران حدبة التنظيم تلقائيا بواسطة محدد السرعة.

يتركب محدد السرعة من أسطوانة مجوفة، تدار من عمود حدبات مضخة الحقن، ومن مغنطيس دائم محمل داخل الأسطوانة المجوفة. ويؤثر المغنطيس على الأسطوانة المجوفة بعزم متناسب مع السرعة. وينقل هذا العزم من محور المغنطيس إلى نابض حلزوني، وبذا تتحقق حالة الاتزان بين العزم الناشئ والعزم المضاد للنابض عند كل سرعة دوران. وفي نفس الوقت يدار عمود التنظيم (التحكم) بحدبة التنظيم من خلال مجموعة تخفيض السرعة. وتناظر حدبة التنظيم الحدبة المنزلقة من حيث المبدأ. ويحدد منحنى استهلاك الوقود شكل الحدبة المنزلقة (المجسمة). ويجب تصميم حدبة التنظيم لكل نوع من المركبات على حدة. ولذلك لا يمكن استبدال مضخات الحقن للمحركات الخاصة بأنواع المركبات المختلفة.

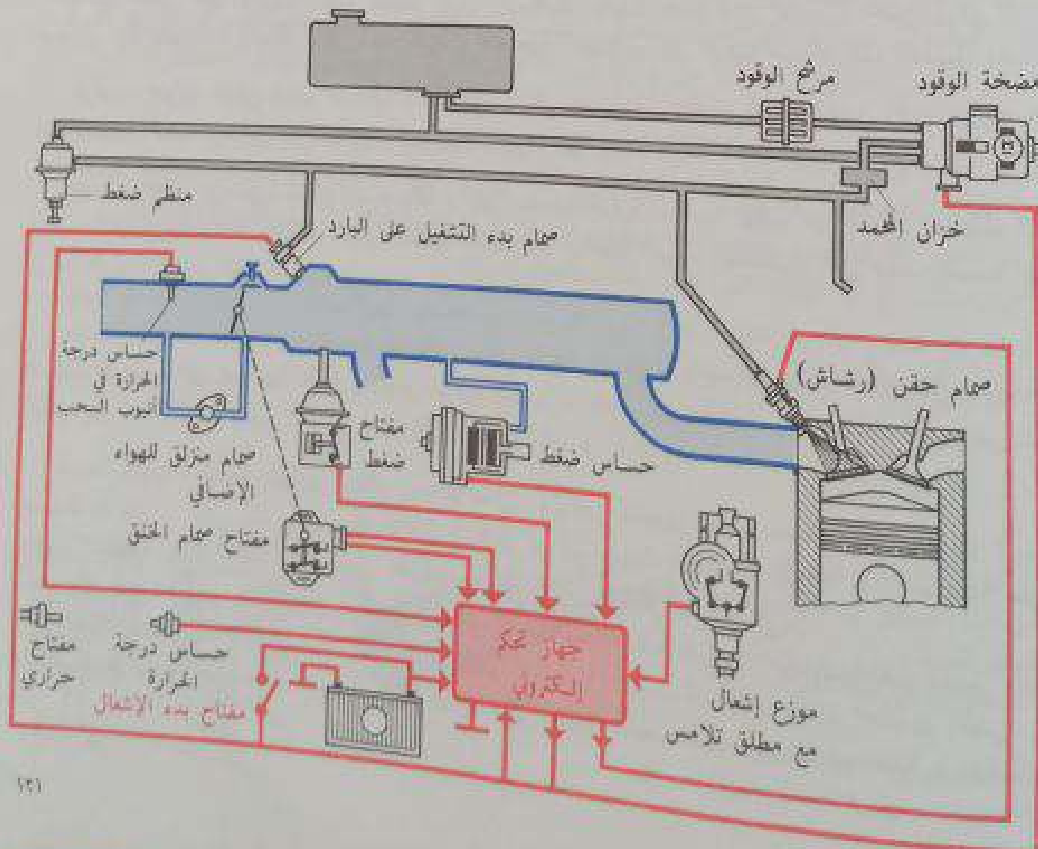
أجهزة حقن الوقود الإضافي: يمكن تغذية كمية الوقود الإضافية المحقونة عند بدء تشغيل المحرك البارد بواسطة دوران الإكسنتريك، المحمل عليه ذراع التنظيم المتأرجحة. ويمكن دوران الإكسنتريك بواسطة سلك شد (شداد) على سبيل المثال. وعند ذلك تتحرك ذراع التنظيم المتأرجحة إلى أسفل، بشكل أكبر، وبحيث يكبر شوط الكباس عن قيمته عند التغذية العادية للحمل الكامل.

وفي تصميمات أخرى لمضخة الحقن، يتم حقن الوقود الإضافي اللازم لبدء تشغيل المحرك البارد في أنبوب المص مباشرة من خلال صمام مغنطيسي يفتح تلقائيا عند تشغيل بادئ دوران المحرك.

أما عملية تنظيم كمية الوقود المحقون عندما تصل درجة حرارة المحرك إلى درجة حرارة التشغيل، فإنها تتم من خلال الإكسنتريك أيضا. ويتحقق ذلك بواسطة عنصر تمدد حراري (يحتوي على مادة تمدد حراري) يتغير حجمه تبعا لدرجة حرارة مياه التبريد. ويفتح عنصر التمدد الحراري في نفس الوقت مخروط ضبط الهواء، وبذلك يدخل هواء ووقود زائدان إلى المحرك.

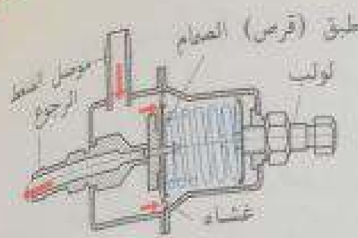
٤-١-٩-٤ حقن البنزين بتحكم إلكتروني

لا تحتاج دورة حقن البنزين بالتحكم الإلكتروني إلى مضخة مدارة من المحرك. وهي بجانب ذلك رخيصة. ولذلك فهي تناسب الاستعمال في السيارات متوسطة المرتبة.



١٢١-١ رسم تخطيطي لمجموعة حقن البنزين ذات التحكم الإلكتروني. وقد قسم الرسم إلى ثلاثة أجزاء: يمثل الجزء الأعلى المرسوم بلون رمادي دورة الوقود، بينما يمثل الجزء الأوسط المرسوم بلون أزرق دورة الهواء. أما الجزء الأسفل المرسوم بلون أحمر فيمثل دورة التحكم.

١٢٢ – ١ منظم الضغط: وهو عبارة عن صمام فائض. يضغط نابض الصمام على طبق الصمام المتصل بالغشاء، ضد مقعد صمام أنبوب الرجوع. أما إذا ارتفع ضغط الوقود إلى أكثر من 2 bar، فيضغط على الغشاء النابض ليرفع بذلك طبق الصمام عن مقعد الصمام. وبذلك يتدفق الوقود من خلال أنبوب الرجوع عائدا إلى الخزان.

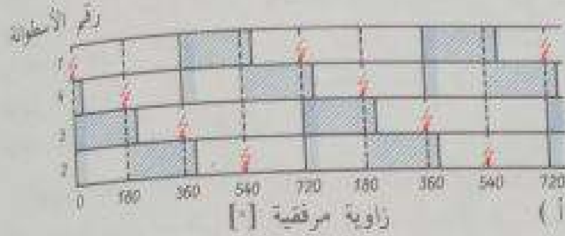




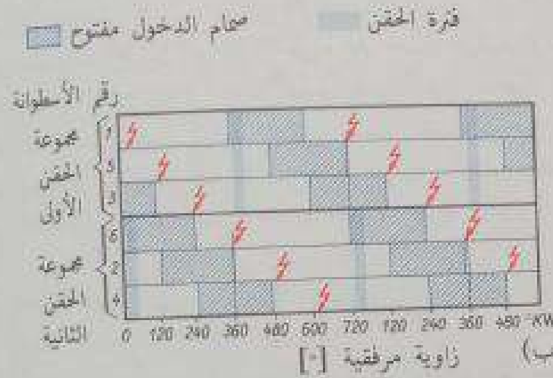
قطاع في صمام حقن (رشاش)

١٢٢ – ٢ يوجد ملف مغنطيسي في صمام الحقن. ويضغط النابض على إبرة المنفث وحافظة المغنطيس الموجودة أعلاها، ضد مقعد الإبرة لمنع التسرب، في حالة عدم مرور التيار في ملف المغنطيس. وعند تلقي ملف المغنطيس لنبضة تيار كهربائي من جهاز التحكم، يتولد مجال مغنطيسي، من شأنه جذب الحافظة (عضو الإنتاج) إلى أعلى. وبذلك ترتفع إبرة المنفث بنحو 0,15 mm عن مقعدها ويتم حقن الوقود أثناء فترة رفع الإبرة عن مقعدها. ويبلغ زمن الاستجابة حوالي 1/1000 s. أما زمن فتح صمام الحقن فيتراوح من 2/1000 s إلى 10/1000 s تبعا لكمية الوقود المطلوب حقنها.

١٢٢ – ٣ مخططات التوقيت. تبين هذه المخططات الترتيب الزمني لفتح صمامات الدخول وزمن الحقن وتوقيت الإشعال.
أ) لمحرك ذي أربع أسطوانات.
ب) لمحرك ذي ست أسطوانات.



صمام الدخول مفتوح — فترة الحقن



يتم حقن الوقود بصورة متقطعة في أنبوب السحب من خلال صمام حقن يعمل بالقوة المغنطيسية الكهربائية، ويصل الوقود إلى صمامات الحقن كلها (الرشاشات) بضغط ثابت. ويضبط توقيت لحظة فتح صمامات الحقن وزمن الفتح إلكترونيا، بواسطة دوائر توصيل ترانزستورية، وبذلك يمكن أخذ كميات التصحيح المطلوبة لكل ظرف من ظروف التشغيل المختلفة في الاعتبار.

تركيب مجموعة الحقن ذات التحكم الإلكتروني (شكل ١٢١ – ١): تتكون مجموعة الحقن ذات التحكم الإلكتروني من ثلاث دورات هي: دورة الوقود ودورة الهواء ودورة التحكم.

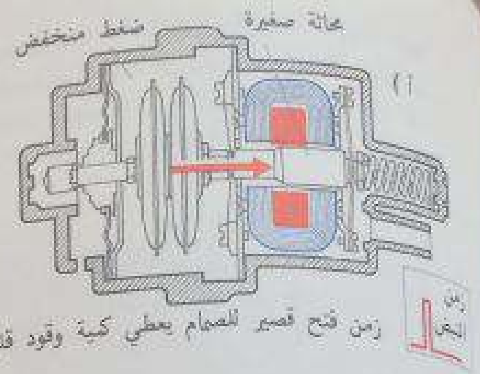
دورة الوقود: في دورة الوقود المجموعة، تقوم مضخة الوقود بسحب الوقود من الخزان لتضغطه إلى صمامات الحقن من خلال أنبوب التوزيع وفروعه. ويحافظ منظم الضغط – الموجود في نهاية أنبوب الضغط – على ثبات الضغط في أنبوب التوزيع. ومن هناك يرجع الوقود الفائض إلى الخزان.

مضخة الوقود: تدار هذه المضخة كهربائيا. وهي توجد في مبيت واحد مع المحرك الكهربائي. وتضخ المضخة كمية وقود أكبر من الكمية القصوى التي يحتاجها المحرك. ويُغلق الوقود الفائض – العائد إلى الخزان – دائرة وقود أخرى من شأنها منع ارتفاع درجة حرارة الوقود إلى حد كبير، ويحول بالتالي دون تكوّن بخار الوقود في الدورة.

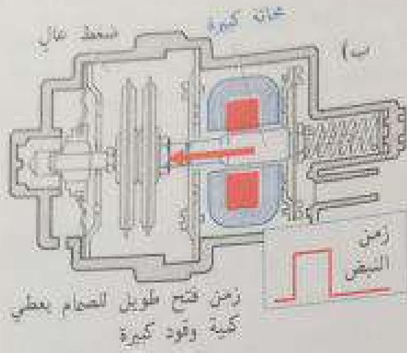
ويبدأ دوران المضخة بتشغيل مفتاح بدء الإشعال. ويوقف تشغيلها تلقائيا بعد حوالي ثانية إذا لم يبدأ المحرك دورانه، وبواسطة توصيلة الأمان – وهي تسمى بتوصيلة الأمان الكامل – يمنع امتلاء الأسطوانة بالوقود عند حدوث خلل في صمام الحقن الخاص بها، وتشغل المضخة بصفة دائمة أثناء دوران المحرك، بواسطة جهاز التحكم الإلكتروني.

مرشح الوقود: وهو عبارة عن مرشح ورقي دقيق يجب استعماله لمنع إتلاف صمامات الحقن ومنظم الضغط.

منظم الضغط (شكل ١٢٢ – ١): يتم تركيب منظم الضغط في أنبوب الضغط، خلف صمامات الحقن. وهو مزود بتوصيلتين إحداهما تتصل بفرع تغذية الوقود والأخرى بفرع الرجوع. وتتم معايرة ضغط الحقن – ومقداره 2 bar – بواسطة تغيير الشد الأولي للنابض.



زمن فتح قصير للصمام يعطي كمية وقود قليلة



زمن فتح طويل للصمام يعطي كمية وقود كبيرة

١٢٣-١ يحتوي حساس الضغط على ملف حث موصل بمفتاح توقيت إلكتروني في جهاز التحكم. وبجانب ذلك يحتوي حساس الضغط على علبتي ضغط تعملان - عن طريق تغيير حجمهما (بسبب تغير الضغط) - على إزاحة عضو إنتاج داخل حلقة حديدية مما ينتج عنه تغير في المحاثة.

أ) ينخفض الضغط في أنبوب السحب عند غلق صمام الخنق مما ينتج عنه تمدد علبتي الضغط، وبالتالي إزاحة عضو الإنتاج إلى خارج الحلقة الحديدية، تصبح محاثة الملف في هذه الحالة قليلة وينتج عنها قصر زمن نبضة التيار. وبذلك تحقن الصمامات كمية قليلة من الوقود.

ب) يرتفع الضغط في أنبوب السحب عند فتح صمام الخنق، مما ينتج عنه إنكماش علبتي الضغط، وبالتالي إزاحة عضو الإنتاج إلى داخل الحلقة الحديدية فتصبح محاثة الملف في هذه الحالة كبيرة. وينتج عنها طول زمن نبضة التيار. وبذلك تحقن الصمامات كمية كبيرة من الوقود.

يركب صمام الحقن في مجمع أنابيب السحب لبدء تشغيل المحرك البارد. وهو يحقن كمية إضافية من الوقود أثناء بدء تشغيل المحرك عند درجات الحرارة المنخفضة، لتسهيل بدء تشغيل المحرك. ويفتح هذا الصمام بواسطة مغنطيس كهربائي. ويحقن الوقود في صورة رذاذ رقيق من خلال منفث لولبي.

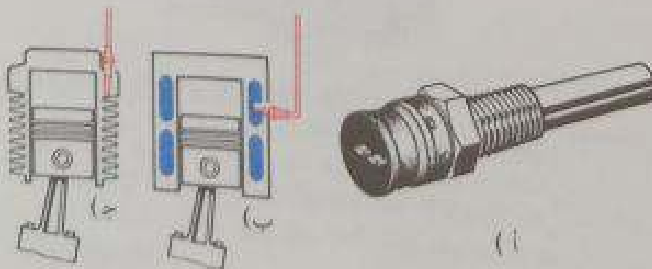
صمام الحقن (شكل ١٢٢ - ٢): يركب صمام الحقن في أنبوب السحب لكل أسطوانة على حدة، حيث يتولى مهمة حقن الوقود إلى صمام الدخول. وهو يشغّل كهرومغنطيسيا مرة واحدة في كل شوط قدرة.

تقسم صمامات المحرك إلى مجموعات، بهدف خفض عدد الأجزاء الإلكترونية المستعملة. وتوجد مجموعتا صمامات في المحرك رباعي الأسطوانات، تتكون كل منها من صمامي حقن. أما في المحرك سداسي الأسطوانات فهناك أيضا مجموعتان تتألف كل واحدة منها من ثلاثة صمامات حقن (شكل ١٢٢ - ٣). وتخص صمامات كل مجموعة، تلك الأسطوانات التي يتعاقب تتابع إشعالها. ويتم التوصيل الكهربائي لصمامات كل مجموعة على التوازي، ومن ثم يتم حقن الوقود في نفس الوقت. وبذلك تتلقى أسطوانتان فقط الوقود مباشرة أثناء شوط السحب. أما في باقي الأسطوانات، فيخزّن الوقود في أنبوب السحب ليتمكن من دخول الأسطوانة أثناء شوط السحب اللاحق.

التحكم في توقيت الحقن. يتم التحكم في توقيت الحقن بواسطة نقطتي تلامس غير قابلتين للضبط، تركبان في أسفل علبة موزع الإشعال وفي وضع متقابل، بحيث تصنعان فيما بينهما زاوية قدرها °180. وتستعمل حدبة أحادية التحدب - مركبة على عمود الموزع - للتحكم في نقطتي تلامس الإعتاق بالتناوب. وبذلك يتلقى جهاز التحكم نبضات لبدء فتح صمام الحقن ومعلومات عن سرعة المحرك. ويحتوي موزع الإشعال على قاطعي تلامس عاديين، وكذلك على منظم يعمل بالقوة الطاردة المركزية وبالضغط المنخفض.

التحكم في كمية الوقود المحقون: يحدد زمن (فترة) فتح صمامات الحقن كمية الوقود المحقون. ويتم تنظيم زمن الفتح هذا تبعا للضغط في أنبوب السحب وتبعا لسرعة المحرك. ويتحقق الوصول إلى الخليط المثالي من الوقود والهواء باستعمال التجهيزات التالية المصححة لكمية الوقود المحقون: تجهيزة بدء تشغيل المحرك البارد وتجهيزة إغناء الخليط أثناء الدوران المعتاد (الساخن) وتجهيزة إغناء خليط الحمل الكامل وتجهيزة إغناء الخليط أثناء التسارع ثم تجهيزة حجز الوقود أثناء تدحرج المركبة.

وتستعمل أجهزة مختلفة لهذا الغرض تعطي بياناتها لجهاز التحكم الذي يحولها إلى نبضات كهربائية ذات فترات طويلة أو قصيرة. ويتوقف زمن فتح صمامات الحقن وبالتالي كمية الوقود المحقونة على هذه الفترات.



١٢٣-٢ حساس درجة الحرارة

أ) يتكون الحساس من جسم معدني على شكل مسمار ذي رأس مسدس ثبت بداخله مقاومة. ويستعمل هذا الحساس في المحركات المبردة بالسوائل لقياس درجة حرارة سائل التبريد.

ب) تقاس درجة الحرارة عند رأس الأسطوانات في حالة المحركات المبردة بالهواء.

جـ) تؤخذ درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي في الاعتبار أحيانا عند تحديد كمية الوقود في بعض التجهيزات. وفي هذه الحالة يركب حساس درجة حرارة إضافي في أنبوب السحب.

جهاز التحكم الإلكتروني، يتصل جهاز التحكم مع مرسلات البيانات (Information Transmitters)، المثبتة أو المتصلة بأجزاء المحرك المناظرة، عن طريق قابس ذي 25 طرف. ويصنع جهاز التحكم بطريقة الدوائر المطبوعة المعروفة في الهندسة الإلكترونية، وتثبت الترانزستورات والدايودات والمقاومات والمكثفات التي تتصل مع بعضها البعض على لوحة التوصيلات المطبوعة.

حساس الضغط (شكل ١٢٣ – ١) : ينقلُ المعلومات الخاصة بالضغط السائد في أنبوب السحب إلى جهاز التحكم. ويقاس هذا الضغط خلف صمام الخنق وينقلُ إلى حساس الضغط عن طريق وصلة مرنة.

ولما كان حساس الضغط يقيس الضغط المطلق داخل أنبوب السحب، فإن كل التأثيرات الأخرى المتعلقة بذلك – والناشئة عن تشغيل المحرك في المرتفعات أو عند اختلاف ظروف الطقس أو في حالة مرشح الهواء – تكون متضمنة في هذا القياس.

حساس درجة الحرارة (شكل ١٢٣ – ٢) : يحقق حساس درجة الحرارة مواءمة كمية الوقود المحقون، لدرجة حرارة المحرك. ويحتوي على مقاومة تتغير قيمتها تبعا لدرجة الحرارة، إذ تنخفض بشدة عند إرتفاع درجة الحرارة. وينقل حساس درجة الحرارة بياناته عن درجة حرارة المحرك إلى جهاز التحكم في حقن الوقود أيضا.

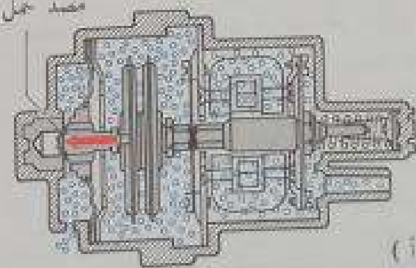
تجهيزة إغناء خليط بدء تشغيل المحرك البارد: يقوم صمام بدء التشغيل على البارد بحقن وقود إضافي في أنبوب السحب. ويفتح هذا الصمام بواسطة مغنطيس كهربائي. ولا تصل النبضة الكهربائية المؤدية إلى فتحه من جهاز التحكم، بل تنشأ نتيجة تشغيل مفتاح البدء المتصل بمفتاح حراري أو بمفتاح توقيت حراري. ويظل صمام بدء التشغيل على البارد مفتوحا طوال فترة بدء التشغيل حتى تصل درجة حرارة المحرك إلى قيمة معينة، حينئذ فقط يغلق هذا الصمام. ويتولى المفتاح الحراري وصل أو فصل دائرة تيار صمام البدء على البارد بدلالة درجة الحرارة. ويمكن استعمال مفتاح التوقيت الحراري بدلا من المفتاح الحراري ليتولى أيضا وصل دائرة التيار لصمام البدء على البارد، وذلك بدلالة درجة الحرارة، إلا أنه يفصل الدائرة بعد مضي زمن معين.

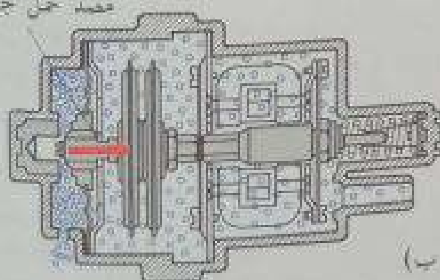
إغناء الخليط أثناء التشغيل الساخن للمحرك (صمام منزلق للهواء الإضافي) : إذا استمرت تغذية المحرك بعد بدء دورانه بكمية الخليط الضئيلة التي تورّدها تجهيزة سرعة اللاحمل عادة، لعاد المحرك إلى التوقف على الفور، إذ إن مقاومة الاحتكاك في المحرك تكون لا تزال عالية؛ بسبب ارتفاع لزوجة زيت التزليق عندما يكون المحرك باردا. لذا يتلقى المحرك هواءا ووقودا إضافيين أثناء فترة التدفئة (الفترة الأولى لتشغيله)؛ بحيث يتحقق استمرار الدوران بسهولة حتى عند غلق صمام الخنق تماما. وتزوّد كمية الهواء الإضافية بواسطة صمام منزلق يفتح فتحة واسعة عندما يكون المحرك باردا (شكل ١٢١ – ١) . ويستجيب حساس الضغط مباشرة لهذا التغير في الضغط الحاصل في أنبوب السحب، ويعمل على حقن المزيد من الوقود. أما طريقة عمل الصمام المنزلق للهواء الإضافي فتعتمد على وجود عنصر في داخله يتمدد بالحرارة، ويتولى إزاحة كباس مع حافة تحكم. ويتم هذا بفعل تغير درجة الحرارة، مما يؤدي إلى انخفاض معدل تدفق الهواء تدريجيا، تبعا لارتفاع درجة الحرارة. وينقطع هذا التدفق الإضافي عندما تصل درجة الحرارة إلى حوالي 70°C.

إغناء خليط الحمل الكامل (بواسطة مفتاح الضغط) : يتم إغناء الخليط عند الحمل الكامل بهدف تحقيق أكبر قدرة للمحرك. ويقوم مفتاح الضغط أو غشاء حساس الضغط بإعطاء المعلومات الخاصة بذلك. وتتحول هذه المعلومات إلى نبضات طويلة لزمن الحقن بواسطة جهاز التحكم.

ويستعمل في بعض التجهيزات مفتاح ضغط خاص كمرسل للمعلومات. ويتعرض فيه أحد وجهي الغشاء إلى ضغط أنبوب السحب، أما الوجه الآخر فيتعرض للضغط الجوي، ومن ثم يتولى فرق الضغط إزاحة الغشاء. وتنقل هذه الحركة إلى مفتاح يقوم بدوره بنقل فرق الضغط بين الضغط الجوي والضغط في أنبوب السحب ككمية كهربائية إلى جهاز التحكم. ويتم في تجهيزات أخرى توصيل نظام الغشاء لمفتاح الضغط بعضو إنتاج حساس الضغط (شكل ١٢٤ – ١) .

منع الوقود أثناء تدحرج المركبة (مفتاح صمام الخنق) . يكون صمام الخنق مغلقا عند تدحرج المركبة. وعند زيادة سرعة دوران المحرك إلى ما فوق حوالي 1800 r.p.m.، فإن حقن الوقود يتوقف تماما وتزود المعلومات اللازمة لذلك بواسطة مفتاح صمام الخنق، الذي يتم تشغيله مباشرة من عمود صمام الخنق. ويُمنع حقن الوقود بواسطة قطبي (طرفي) تلامس. وعندما تصل سرعة دوران المحرك إلى أقل من حوالي 1200 r.p.m.، تعود عملية تغذية المحرك بالوقود من جديد.





١٢٤ – ١ مجموعة مؤلفة من مفتاح ضغط وحساس ضغط.

أ) عندما يكون صمام الخنق مفتوحا تماما، تكون قوة الضغط المؤثرة على وجهي الغشاء واحدة تقريبا، فيرقد هذا الغشاء على الجدار الداخلي لعلبة المجموعة، ويعمل على دفع عضو الإنتاج إلى داخل الحلقة الحديدية. حينئذ يطول زمن نبضة التيار وتزيد تبعا لذلك كمية الوقود المحقون.

ب) وعند وجود فرق ضغط كبير، أي عند الحمل الجزئي، فإن الغشاء يرقد على الوجه المقابل وبالتحديد على مصد الحمل الجزئي. وفي هذه الحالة لا يعمل حساس الضغط إلا من خلال علب الضغط (تتوقف عملية إغناء الخليط).

إغناء الخليط عند التسارع: عند تشغيل دعسة الوقود تولد التجهيزة الإضافية لمفتاح صمام الخنق نبضات حقن إضافية من خلال جهاز التحكم. وتتكون هذه التجهيزة أساسا من قضيبي تلامس على شكل المشط، ومفتاح الجر (السحب). عند التسارع (الضغط على دعسة البنزين)، يزلق الملامس على القضبان ويقفل مفتاح الجر (السحب) (Drag Switch) مما ينتج عنه نبضات فتح إضافية تنقل إلى صمامات الحقن. وعند رجوع دعسة الوقود يفتح مفتاح الجر (السحب) ولا تتلقى صمامات الحقن أي نبضات إضافية.

الملخص:

- هناك نوعان لحقن البنزين:
  حقن بنزين ميكانيكي
  وحقن بنزين ذو تحكم إلكتروني.
- يحقن الوقود في كل أنظمة الحقن داخل أنبوب السحب (حقن غير مباشر).
- تستخدم مرشحات نجمية الشكل أو ملفوفة مصنوعة من الورق، كعناصر ترشيح (خراطيش) للمرشحات الدقيقة. وعند استخدام الحقن الميكانيكي للبنزين، يستعمل عنصر ضخ خاص لكل أسطوانة من أسطوانات المحرك.

خواص وطريقة عمل مضخة الحقن طراز بوش (Bosch).

- تتغير كمية الوقود المحقون بواسطة دوران كباس المضخة.
- تحدد حافة التحكم بالكباس نقطة بدء الحقن.
- يدار كباس المضخة بواسطة بكرة التحكم التي تتحسس على سطح الحدبة المنزلقة.
- تزاح الحدبة المنزلقة محوريا تبعا لسرعة المحرك، وتدار حول محورها تبعا للحمل.
- عند بدء تشغيل المحرك، يزيح مغنطيس بدء التشغيل جريدة التنظيم إلى ما بعد وضع الحمل الكامل.
- تغير علبة الضغط كمية الوقود المحقون تبعا لتغير ضغط الهواء.
- عند سحب السيارة وتخطي سرعة دوران المحرك لقيمة معينة، يحرك مغنطيس الإيقاف جريدة التنظيم إلى وضع اللاتغذية فتتوقف عملية حقن الوقود.
- يقوم مفتاح التوقيت بضبط جريدة التنظيم على وضع ضخ (تغذية) البدء عند كل عملية بدء تشغيل، لمدة تصل إلى نحو ثانيتين.
- يقوم مفتاح التوقيت الحراري بضبط جريدة التنظيم على وضع تغذية البدء عند كل عملية بدء تشغيل، طالما بقيت درجة حرارة المحرك تحت حد معين.

خواص وطريقة عمل مضخة الحقن طراز كوجل فيشر (Kugelfischer).

- تتغير كمية الوقود المحقون تبعا لدوران ذراع التنظيم المتأرجحة.
- تدار ذراع التنظيم المتأرجحة بواسطة أصبع جاس (مجس) يتحسس على سطح الحدبة المجسمة.
- تزاح حدبة التحكم محوريا من صمام الخنق بواسطة ترتيبة نقل الحركة، كما تدار حول محورها من محدد السرعة، بواسطة تعشيقة المنظم.
- يمكن تقنين كمية الوقود اللازمة عند بدء تشغيل المحرك البارد، إما بواسطة إدارة الإكسنتريك أو عن طريق حقن الوقود داخل أنبوب المص بواسطة صمام مغنطيسي.
- يتم التحكم في كمية الوقود المطلوب حقنها لإدارة المحرك الدافئ بواسطة دوران الإكسنتريك.

خواص وطريقة حقن البنزين بالتحكم الإلكتروني:

- يظل الضغط السائد في أنبوب ضغط الوقود ثابتا ومقداره 2 bar فوق الضغط الجوي.
- يتم التحكم في كمية الوقود المحقون بتغيير زمن الحقن.
- تقسم صمامات الحقن (الرشاشات) الموجودة في محرك ما إلى مجموعتين.
- يتم التحكم في توقيت الحقن بواسطة نقطتي تلامس مثبتتين في الجزء السفلي لعلبة موزع الإشعال، وغير قابلتين للضبط.
- يتحدد زمن فتح صمامات الحقن بواسطة عاملين هما: الضغط السائد في أنبوب المص وسرعة دوران المحرك.
- يتلقى جهاز التحكم معلومات عن الضغط السائد في أنبوب المص من حساس الضغط. يحقق حساس درجة الحرارة مواءمة كمية الوقود المحقونة تبعا لدرجة حرارة المحرك.
- يقوم صمام بدء تشغيل المحرك على البارد بحقن وقود إضافي في أنبوب السحب، ويتلقى هذا الصمام إشارة تشغيله عند تدوير مفتاح بدء التشغيل المتصل بالمفتاح الحراري ومفتاح التوقيت الحراري.
- يتلقى المحرك هواءا إضافيا أثناء فترة تدفئته (الفترة الأولى لتشغيله)، يصل إلى الأسطوانات بواسطة صمام منزلق الهواء الإضافي.
- في حالة الحمل الكامل، يتلقى جهاز التحكم نبضة كهربائية - يتم على إثرها إغناء الخليط (إغناء الحمل الكامل) - من مفتاح الضغط أو من غشاء حساس الضغط.
- يعمل مفتاح صمام الخنق على إيقاف حقن الوقود في حالة تدحرج السيارة وعندما تتعدى سرعة دوران المحرك حدا معينا. أما وظيفته بالنسبة للتجهيزة الإضافية لمفتاح صمام الخنق، فهي إغناء خليط الوقود والهواء.

أسئلة:

١ - أذكر أهم الفروق الموجودة بين مجموعة حقن البنزين ذات التحكم الميكانيكي ومجموعة حقن البنزين ذات التحكم الإلكتروني.

٢ - إشرح عملية تنظيم كمية الوقود المحقون: أ) لمضخة بوش (Bosch) ب) لمضخة كوجل فيشر (Kugelfischer) جـ) لمجموعة حقن البنزين بتحكم إلكتروني.

٣ - ما هي وظائف الأجزاء الآتية: أ) الحدبة المنزلقة (المجسمة)؟ ب) مغنطيس بدء التشغيل؟ جـ) مغنطيس الإيقاف؟ د) مفتاح التوقيت الكهربائي؟

٤ - كيف تتحرك حدبة التنظيم بتأثير الحمل وكذلك بتأثير سرعة المحرك؟
٥ - ما هو مقدار الضغط السائد في أنبوب الضغط لمجموعة حقن البنزين ذات التحكم الالكتروني؟
٦ - ما هي مهمة حساس الضغط؟
٧ - إشرح كيفية إغناء الخليط عند بدء تشغيل المحرك البارد وكذلك أثناء فترة تدفئة المحرك.

٤ - ١ - ١٠ مرشح الهواء

يحتوي هواء الجو الجاف دائما على غبار. وتزيد نسبة الغبار في الهواء بصفة خاصة في الطرق المزدحمة بالمركبات الآلية، نظرا للإثارة الدائمة للهواء والغبار بواسطة هذه المركبات. وتبلغ نسبة الغبار بضعة ميلليجرامات في المتر المكعب الواحد في الشوارع الجيدة (الطرق الأسفلتية)، وقد تصل في الشوارع المغبرة (الطرق غير المعبدة) حتى حوالي جرام واحد في المتر المكعب. ويمتص المحرك هذا الهواء الحاوي على الغبار. وعند دخول هذا الغبار إلى الأسطوانة يختلط مع زيت التزليق الموجود فيها ويكون أثره على سطح تشغيل الأسطوانة عندئذ كأثر ورق السنفرة، مما يؤدي إلى بلى الأسطوانة. ولمنع ذلك يجب تصفية الهواء بواسطة مرشح هواء قبل إدخاله إلى الأسطوانة.

مدلول عملية الترشيح: يفهم تحت كلمة ترشيح، الفصل الميكانيكي للأجسام الصلبة عن السوائل وعن الغازات. وأهم أنواع الترشيح هي: الترشيح بإمرار السائل المراد ترشيحه خلال مسام ضيقة جدا وكذلك الترشيح بطريقة الطرد المركزي. وفي هذا النوع الأخير من الترشيح يعرض السائل المراد ترشيحه إلى حركة دورانية سريعة تؤدي إلى انفصال المواد الثقيلة عن السائل بفعل قوة الطرد المركزي، وبالتالي إلى ترشيح السائل.

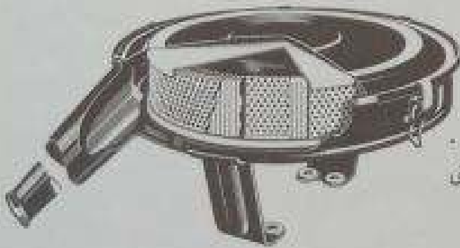
وظائف مرشح الهواء: يفصل مرشح الهواء جزيئات الغبار من الهواء الممتص، كما أنه يعمل في نفس الوقت على تخفيض الضوضاء الناتجة عن سحب الهواء.

الشروط الواجب توافرها في مرشح الهواء:

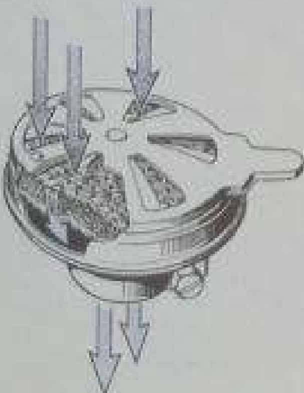
- درجة فصل عالية، أي فصل شبه تام لجميع الجسيمات والمواد الغريبة عن الهواء الممتص.
- طول مدة صلاحية الاستعمال، أي يجب أن تكون الفترات الزمنية لاستبدال عنصر الترشيح أو لتنظيفه طويلة نسبيا.
- صيانة بسيطة.
- إعاقة ضئيلة لتدفق الهواء.
- قدرة خفض جيدة للضوضاء الناتجة عن سحب الهواء.

٤ - ١ - ١٠ - ١ أنواع مرشحات الهواء

مرشح جاف للهواء (شكل ١٢٦ - ١): يستعمل المرشح الجاف عادة في سيارات ركوب الأشخاص. ومرور الوقت تنسد مسام المرشح وتزداد بالتالي إعاقته لتدفق الهواء. ويؤدي ذلك إلى زيادة انخفاض الضغط في أنبوب السحب وبالتالي إلى زيادة استهلاك الوقود. ويجب



١٢٦ - ١ مرشح جاف للهواء. يمرر الهواء خلال عنصر ترشيح (خرطوشة) مكونة من مادة مسامية. وتستعمل منذ سنوات عناصر ترشيح مصنوعة من ورق ترشيح خاص يمكنه فصل جزيئات الرواسب حتى مقاس واحد ميكرومتر. ويتميز هذا الورق بدرجة فصل عالية تصل حتى ٩٩,٩٪.



١٢٦ - ٢ مرشح رطب للهواء برلاقة بدء تشغيل دوارة. يتكون عنصر الترشيح (الخرطوشة) من جدائل معدنية أو من ألياف فولاذية. ويبلل هذا العنصر بالزيت. ويتغير اتجاه مرور الهواء عدة مرات أثناء مروره من خلالها. وتصطدم جسيمات الغبار بعروات نسيج عنصر الترشيح المبللة بالزيت فتلتصق بها. وتتصف هذه المرشحات بانخفاض درجة فصلها للغبار عن تلك التي لمرشحات الهواء الجافة.







١٢٦ - ١ عنصر ترشيح (خرطوشة) للمرشح الرطب للهواء عندما يكون غير مبلل بالزيت وعندما يكون مبلل بالزيت وملوث.

استبدال عنصر الترشيح عندما تصبح إعاقة تدفق الهواء فيه كبيرة. ويتوقف طول مدة صلاحية الاستعمال على نسبة الغبار في الهواء وعلى مساحة سطح المرشح. وتحدد الشركات المنتجة قواعد تغيير عناصر الترشيح في مرشحات الهواء. وعند السير في شوارع مغبرة، يجب استبدال عنصر الترشيح على فترات قصيرة.

وتنحصر صيانة المرشح الجاف للهواء في استبدال عنصر الترشيح. وعند تركيب المرشح، يجب التأكد من إحكام ارتكاز عنصر الترشيح في مقعده.

مرشح رطب للهواء (شكل ١٢٦ - ٢): يستعمل هذا المرشح عادة في الدراجات النارية. وتنسد مسام مرشحات الهواء الرطبة أيضا بمرور الزمن (شكل ١٢٧ - ١). ويفضل حينئذ غسل المرشحات بوقود الديزل أو الكيروسين لتنظيفها ثم نفخها بالهواء المضغوط لتجفيفها، وأخيرا غمرها في زيت المحركات غير المستعمل. ويترك المرشح جانبا فترة من الزمن قبل تركيبه لتتساقط منه قطرات الزيت الزائدة. ويتم تنظيف المرشح الرطب للهواء بعد مسافة تتراوح بين 2000 km و 4000 km حسب حالة الطريق. وتزود المرشحات الرطبة للهواء بزلاقة بدء تشغيل دوارة تغلق عند تشغيل المحرك البارد وبذلك يزيد انخفاض الضغط في أنبوب السحب، مما ينتج عنه زيادة تركيز الوقود في الخليط اللازم لبدء التشغيل. ويجب فتح الزلاقة مرة أخرى بعد ارتفاع درجة حرارة المحرك.

مرشح هواء ذو حوض (حمام) زيت (شكل ١٢٧ - ٢): يستعمل مرشح الهواء ذو حوض الزيت في سيارات الخدمات العامة، وأحيانا في بعض طرازات سيارات ركوب الأشخاص. ويحتاج إلى صيانة بسيطة، إذ يغسل عنصر الترشيح بوقود الديزل أو الكيروسين. ويفرغ الزيت المستعمل من علبة الزيت ثم تنظف علبة الزيت وتملأ بزيت نظيف حتى علامة مستوى الزيت. ومن الأهمية بمكان المحافظة على مستوى الزيت في المرشح. فعليه يتوقف الأداء الصحيح للمرشح.

مرشح هواء يعمل بالطرد المركزي (شكل ١٢٧ - ٣): تستعمل مرشحات الهواء التي تعمل بالطرد المركزي - والتي تسمى أيضا مرشحات الإعصار - في سيارات الخدمات العامة التي تسير عادة في الشوارع المغبرة. ولاتحتاج هذه المرشحات لصيانة طالما أمكن التخلص من الرواسب والغبار مباشرة للخارج. أما إذا كانت هذه المرشحات مصممة بحيث تتجمع الرواسب في وعاء الغبار، فإنه يجب تفريغ هذا الوعاء من حين لآخر.

وتتم صيانة مرشح الهواء ذي حوض الزيت - الموصل بعد المرشح ذي الطرد المركزي - تبعا للطريقة السابق وصفها. والمرشحات المكونة من مرشح ذي حوض زيت ومرشح يعمل بالطرد المركزي باهظة التكاليف وتشغل حيزا كبيرا، لذا فإنها لاتستخدم في سيارات ركوب الأشخاص.

خفض ضوضاء سحب الهواء: يؤدي سحب الهواء بسرعة عالية وعلى دفعات، إلى حدوث ضوضاء شديدة. ويمكن خفض هذه الضوضاء عن طريق تصميم مرشح الهواء بشكل معين. فيمرر الهواء المسحوب خلال قنوات وثقوب في غرف عديدة متصلة ببعضها البعض. وبذلك يتم تعديل التفاوت بين الاهتزازات منخفضة التردد وتلك مرتفعة التردد.



١٢٧ - ٢ مرشح هواء ذوحوض زيت. يصطدم الهواء بحوض الزيت الموجود في أسفل جسم المرشح بسرعة عالية وينعكس اتجاهه. ولاتتمكن معظم جسيمات الغبار من متابعة حركة الهواء عند تغيير الاتجاه فجأة فتنغطس في حوض الزيت. وبعد عكس الهواء لاتجاهه يمر على عنصر الترشيح المكونة من عدد كبير من الألياف. وينتج عن اصطدام الهواء بسطح الزيت أن يدفعه إلى حركة دوامية، وكذلك يحمل الهواء بعضا من قطرات الزيت إلى أعلى لتصطدم بألياف عنصر الترشيح وتبلله وتغسل الرواسب العالقة به، وتتساقط معها إلى علبة الزيت ثانية، وبذلك يتم تنظيف عنصر الترشيح تلقائيا. وتصل درجة الفصل في هذه الحالة إلى مايقرب من 100%، ويعتبر عمر صلاحية الاستعمال طويل جدا، لترسب الغبار والرواسب الأخرى في قاع حوض الزيت.



١٢٧ - ٣ يكتسب الهواء حركة دورانية سريعة نتيجة مروره من خلال ألواح توجيه فولاذية في المرشح بالطرد المركزي. وتؤدي قوى الطرد المركزي الناشئة عن هذه الحركة إلى طرد الرواسب إلى الخارج. ثم تمر هذه الرواسب من خلال فتحات بالغلاف الخارجي للمرشح لتصل، إما إلى الجو، أو إلى وعاء تجميع. أما الهواء المنقى فيمتص إلى الداخل. وتصل درجة الفصل هنا إلى نحو 90% فقط. ولهذا السبب يركب مع هذا المرشح مرشح ثان غالبا مايكون من نوع مرشح الهواء ذي حوض الزيت. ويمتاز هذا المرشح المركب بدرجة فصل عالية وعمر صلاحية استعمال طويل جدا.

الملخص :

- الترشيح هو عملية الفصل الميكانيكي للمواد الصلبة عن المواد السائلة وعن الغازات .
- يجب أن يتصف مرشح الهواء الجيد بارتفاع درجة الفصل وبعمر صلاحية استخدام طويل وبسهولة الصيانة وقلة إعاقته لتدفق الهواء . كما يجب أن يتمتع المرشح الجيد بأكبر خفض ممكن للضوضاء أثناء سحب الهواء .
- تستعمل عناصر ترشيح من ورق ترشيح خاص لمرشحات الهواء الجافة . وتمتاز هذه المرشحات بقدرة فصل عالية . وهي تكاد لاتحتاج إلى صيانة تذكر . أما مرشحات الهواء الرطبة فهي ذات قدرة فصل أقل ويجب تنظيفها وتبليل عناصر ترشيحها بزيت نظيف بعد كل تشغيل لمسافة من 2000 km إلى 4000 km .
- في المرشحات ذات أحواض الزيت ، يصطدم الهواء بحوض الزيت أولا . حيث تنفصل جسيمات الغبار الكبيرة عن الهواء ، لتترسب في الحوض . أماالجزيئات الدقيقة فيجري فصلها بعد ذلك في مرشح رطب للهواء .
- تمتاز مرشحات الهواء ذات أحواض الزيت بطول عمر صلاحية استعالها . ويجب مراعاة مستوى الزيت الصحيح عند تغيير الزيت .
- غالبا مالا تستعمل مرشحات الهواء ذات الطرد المركزي بمفردها ، وإنما تركب عادة مع مرشحات الهواء ذات أحواض الزيت . ويعود السبب في ذلك إلى انخفاض قدرة فصل هذه المرشحات .

أسئلة :

١ – لماذا يجب استعمال مرشحات الهواء في المركبات الآلية؟
٢ – ماهي الصفات الواجب توافرها في مرشحات الهواء؟
٣ – من أي المواد تتكون عناصر الترشيح في مرشحات الهواء الجافة؟
٤ – لماذا يجب استبدال عنصر ترشيح المرشح الجاف للهواء في الوقت المناسب؟
٥ – كيف تتم صيانة مرشحات الهواء الرطبة؟
٦ – إشرح طريقة عمل مرشحات الهواء ذات أحواض الزيت .
٧ – لماذا تركب مرشحات الهواء ذات الطرد المركزي مع مرشحات هواء من نوع آخر؟
٨ – لماذا لاتستعمل المرشحات المركبة من مرشحات هواء الطرد المركزي ومرشحات أخرى في سيارات ركوب الأشخاص؟

٤ – ٢ التبريد

يتحول حوالي ثلث طاقة احتراق الوقود إلى طاقة حركية (قدرة مستفادة) ، ويخرج مايقرب من ثلث آخر مع غازات العادم إلى الجو ، وينتقل الثلث الأخير تقريبا إلى الأسطوانات ورأسها وإلى الكباسات والصمامات .
وتكفي كمية الحرارة التي تنتقل بين أجزاء محرك سيارة ركوب متوسط ، لتدفئة مسكن تحت ظروف جوية باردة جدا . ويجب تبريد المحرك لكي لاترتفع درجة حرارة معادن أجزائه عن حدود تحملها ، ولكي لايحدث إشتعال ذاتي للوقود وكذلك للمحافظة على قدرة الزيت على التزليق . أما تأثير الخليط الداخل إلى الأسطوانات على تبريد المحرك فهو تأثير ضئيل .

الشروط الواجب توافرها في دورة التبريد :

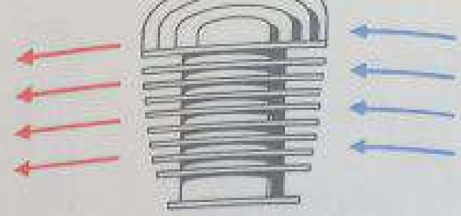
- سرعة وصول درجة حرارتها إلى درجة حرارة تشغيل المحرك .
- المحافظة على درجة حرارة تشغيل ثابتة عند كل ظروف التشغيل .
- إشغال حيز صغير .
- الحاجة إلى قدرة تشغيل صغيرة .
- صيانة ضئيلة .

أنواع التبريد : تنقل حرارة الاحتراق الفائضة إلى الهواء الجوي بأحد الأسلوبين :

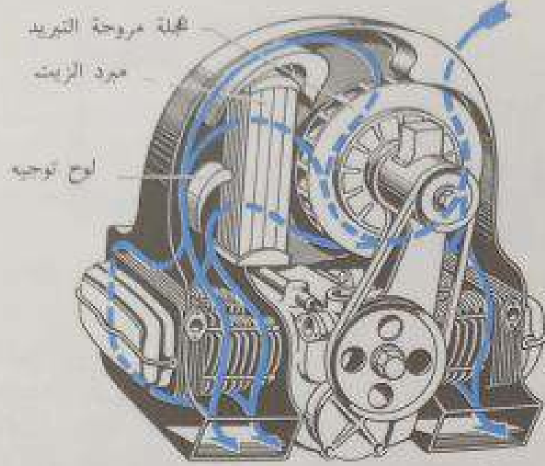
- أسلوب مباشر عن طريق التبريد بالهواء ، حيث تزال الحرارة مباشرة من جدران الأسطوانات بواسطة الهواء المحيط بها .
- أسلوب غير مباشر عن طريق التبريد بالماء ، حيث تنقل الحرارة إلى مياه التبريد أولا ثم إلى المشع ، ومنه إلى الهواء .

فعالية التبريد : تعتمد فعالية التبريد على العوامل التالية :

- وسيط التبريد (ينقل الماء – في وحدة الزمن – كمية حرارة أكبر من تلك التي ينقلها الهواء) .
- سطح الجزء المراد تبريده (كلما كبرت مساحة السطح ، أمكن زيادة الحرارة المنقولة في نفس الزمن) .



١٢٩ - ١ أسطوانة محرك مبرد بالهواء. تقع الزعانف في اتجاه تدفق الهواء.



١٢٩ - ٢ تبريد محرك ذي أربع أسطوانات متقابلة بواسطة التبريد بالدفع الهوائي. يتدفق الهواء عبر ألواح توجيه معدنية إلى الأسطوانات ثم إلى مبرد الزيت. ويقوم مبرد الزيت بتبديد كمية حرارة إضافية.

- فرق درجات الحرارة بين درجة حرارة السطح المراد تبريده ودرجة حرارة وسيط التبريد (عند درجات حرارة الجو المنخفضة يكون التبريد أشد أثرا منه في حالة درجات حرارة الجو المرتفعة).
- سرعة تدفق (سريان) وسيط التبريد (يزداد تبدد الحرارة بازدياد سرعة تدفق وسيط التبريد).
- مادة (معدن) الجزء المراد تبريده (تبدد المواد ذات الموصلية الحرارية الجيدة الحرارة بمعدل أسرع من تلك ذات الموصلية الحرارية الرديئة).

٤-٢-١ التبريد بالهواء

التبريد بواسطة الهواء المتدفق أثناء السير: يتدفق الهواء في هذا النوع البسيط من التبريد عند أجزاء المحرك المراد تبريدها. وحيث أن معدل تبديد الحرارة من المعدن إلى الهواء يكون ضئيلا، فإنه يتحتم تكبير المساحة السطحية الخارجية للأسطوانات ورأسها بدرجة ملحوظة بواسطة زعانف (شكل ١٢٩ - ١).

وغالبا ماتصنع الأسطوانات ورأسها من سبيكة الألومنيوم (المعدن الخفيف) لتحسين عملية تبديد الحرارة.

وتقل فعالية التبريد إذا تلوثت زعانف التبريد. ولايكفي تيار هواء السير لتبريد المحرك عند سرعات السير المنخفضة والقدرات العالية.

ومن ثم فإن استخدام هذا النوع من التبريد يقتصر على الدرجات النارية فقط.

التبريد بمروحة هواء (بالدفع الهوائي): يؤدي استعمال المروحة إلى زيادة معدل تدفق الهواء حول الأسطوانات. ومن ثم يتحقق تبريد كاف عند كل سرعات السير (شكل ١٢٩ - ٢).

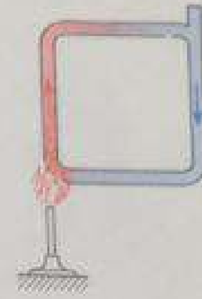
وتدار المروحة إما من عمود المرفق مباشرة أو عن طريق سير بمقطع على شكل حرف V (مخروطي). ويستعمل صمام خنق ذو تحكم حراري لغلق دخول الهواء إلى المروحة حتى يصل المحرك إلى درجة حرارة التشغيل. وعند انقطاع السير لابد من استبداله فوراً بآخر وإلا توقف التبريد وارتفعت درجة حرارة المحرك عن الحد المسموح به.

٤-٢-٢ التبريد بالماء

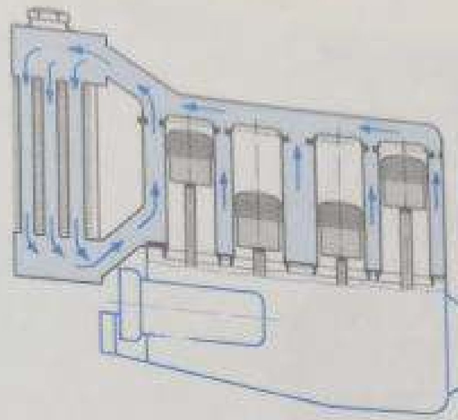
في المحركات المبردة بالماء، تحاط الأجزاء المراد تبريدها بدثار (قميص) مملوء بالماء، وتنتقل الحرارة من جدران المحرك إلى الماء، الذي ينقلها إلى الهواء الجوي عن طريق المشع. ويعود الماء المبرد مرة أخرى إلى المحرك، وهكذا دواليك، وبذلك تعتبر دورة ماء التبريد دورة مقفلة. ويؤدي استعمال مروحة إلى تحسين التبريد، وعلى الأخص عند توقف المركبة (مع دوران محركها) أو عند السير البطيء.

التبريد بالسريان بالحمل الحراري (بالدورة الحرارية) أو مايسمى أيضا بالتبريد بالمثعب الحراري (شكل ١٣٠ - ١ وشكل ١٣٠ - ٢)؛ تنشأ دورة ماء التبريد نتيجة لاختلاف كثافة الماء البارد عن كثافة الماء الساخن، وذلك عند التبريد بالدورة الحرارية. وتزداد كمية الماء المتدفقة (الدائرة) في وحدة الزمن بازدياد مساحة مقطع التدفق وبازدياد كمية الحرارة المنتقلة إلى ماء التبريد. وينتج عن سرعة مياه التبريد البطيئة انخفاض كبير في درجة حرارتها داخل المشع (حوالي 30°C).

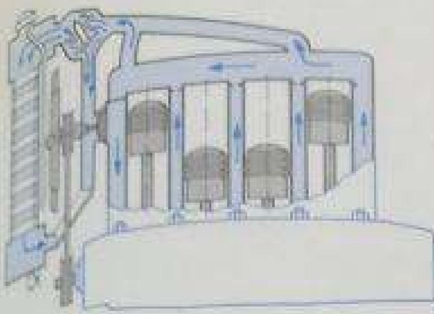
التبريد الجبري بمضخة تقليب (شكل ١٣٠ - ٣). ترتفع سرعة تدفق ماء التبريد بشكل ملحوظ عند تركيب مضخة ماء في مسار دورة الماء، ونتيجة لذلك يصل انخفاض درجة حرارة مياه التبريد في المشع إلى حوالي 5°C إلى 7°C فقط.



١٣٠ - ١ نظرية الدورة الحرارية (انتقال الحرارة بواسطة تيارات الحمل) عند تسخين الأنبوب الزجاجي المبين والمملوء بالماء عند أحد ركنيه السفليين يصعد الماء الساخن إلى أعلى، ويحل محله ماء بارد في الجزء السفلي. وبذلك تنشأ دورة لحركة الماء يمكن رؤيتها عند تلوين الماء بإضافة برمنغنات البوتاسيوم.

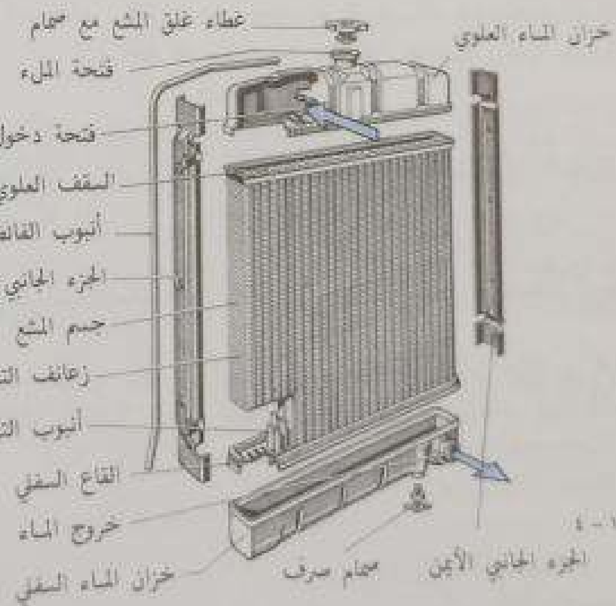


١٣٠ - ٢ التبريد بالدورة الحرارية: إن انخفاض سرعة تدفق ماء التبريد تجعل من الضروري تكبير مساحة مقاطع أنابيب الماء وكذلك تكبير خزان الماء المستعمل في المشع. ويؤدي انخفاض مستوى ماء التبريد في المشع إلى مادون فتحة الدخول، إلى قطع دورة ماء التبريد. وبذلك يغلي ماء التبريد الموجود في كتلة الأسطوانات بعد فترة قصيرة.



١٣٠ - ٣ التبريد الجبري: يكون كل من خزان الماء ومقاطع توصيلات الأنابيب والخراطيم - في هذا النوع من التبريد - أصغر مقاسا منها في التبريد بالدورة الحرارية.

المشع (شكل ١٣٠ - ٤): ينقل المشع الحرارة من مياه التبريد إلى الهواء. وفي الأنماط العادية للمشعات تتدفق مياه التبريد من خلال رقائق معدنية (شكل ١٣٠ - ٥) أو في أنابيب مبططة. (شكل ١٣٠ - ٦ وشكل ١٣٠ - ٧) ويكون اتجاه تدفقها من خزان الماء العلوي إلى خزان الماء السفلي. وتزداد مساحة سطح التبريد بدرجة كبيرة في المشع ذي الأنابيب ذات الزعانف، بسبب الرقائق الأفقية الموجودة فيه.



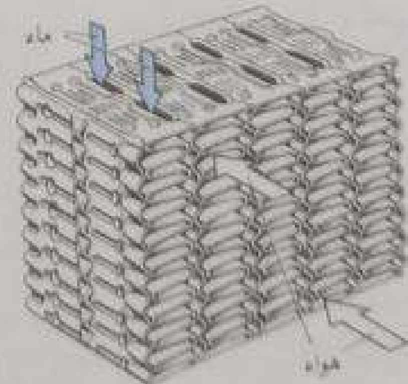
١٣٠ - ٤

١٣٠ - ٤ تركيب مشع المركبة الآلية: يتكون المشع من جسم المشع وخزاني الماء العلوي والسفلي وأنبوب الفائض والأجزاء الجانبية. ويحتوي الخزان العلوي للماء على فتحة ملء المشع مع غطاء غلق المشع، بالإضافة إلى فتحة دخول الماء. أما مخرج ماء التبريد فيقع في خزان الماء السفلي. ويثبت المشع بجسم المركبة غالبا من أجزائه الجانبية. أما توصيل المشع بالمحرك فيتم بواسطة خراطيم الماء الساخن.

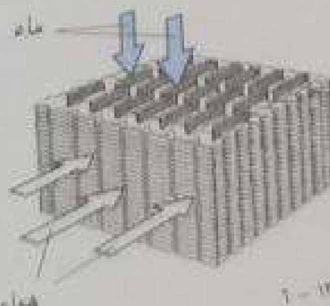
١٣٠ - ٥ المشع ذو الرقائق: تتشكل ألواح معدنية رقيقة الجدار وتلحم بعضها بلحام السبائك، بحيث تترك مسارات لتدفق ماء التبريد والهواء. وتتعرض هذه المسارات لدرجة انسداد كبيرة بسبب ضيقها وتموّجها. وبالإضافة إلى ذلك فإن مقاومة هذا المشع للضغط منخفضة. ولذا فقد أصبح استعماله في سيارات ركوب الأشخاص نادرا.

١٣٠ - ٦ المشع ذو الأنابيب المجهزة بزعانف تبريد أفقية متراصة: يمر الماء داخل أنابيب مبططة مصفوفة بالتوالي أو بالتبادل. وتلحم بهذه الأنابيب زعانف رقيقة مولجة رأسيا. ويفضل استخدام هذا المشع في الشاحنات والجرارات بسبب رسوخه.

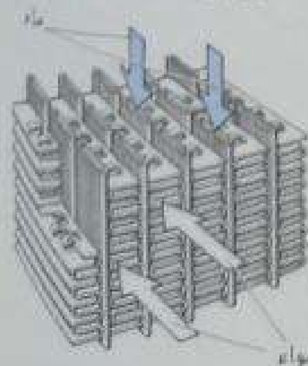
١٣٠ - ٧ المشع ذو الأنابيب المجهزة بزعانف متوازية متموجة. تستعمل هنا أيضا أنابيب مبططة يمر فيها الماء، وتلحم فيما بينها زعانف شريطية متموجة. ويكاد يعم استعمال هذا المشع في سيارات ركوب الأشخاص بسبب رخص ثمنه.



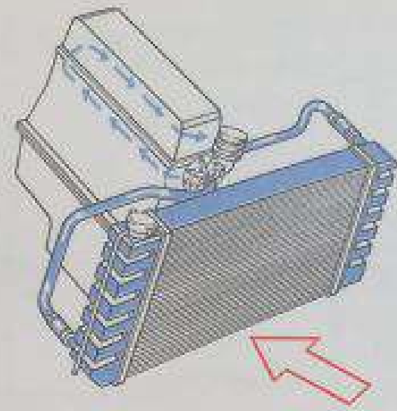
١٣٠ - ٥



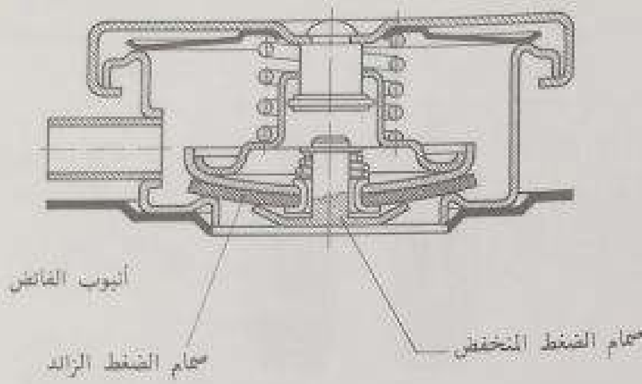
١٣٠ - ٦



١٣٠ - ٧



١٣١ - ١ مشع ذو تدفق مستعرض. تركب أنابيب التبريد أفقيا وخزانات الماء على الجانبين وبذلك يتحقق انخفاض وضع المشع.



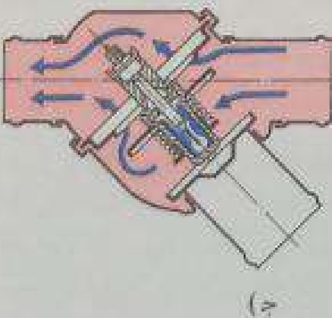
١٣١ - ٢ غطاء غلق المشع ذي صمام الضغط الزائد وصمام الضغط المنخفض. نتيجة لاستعمال صمام الضغط الزائد، يكون الضغط في المشع في سيارات ركوب الأشخاص أعلى من الضغط الجوي بحوالي 1 bar، وبحوالي 0,4 bar في الشاحنات. ونتيجة لزيادة الضغط هذه ترتفع درجة حرارة غليان الماء حتى 120°C في سيارات الركوب وحتى 108°C في الشاحنات.
عند تبريد ماء التبريد، يؤدي الضغط المنخفض إلى فتح صمام الضغط المنخفض إلى أسفل (إلى الداخل).

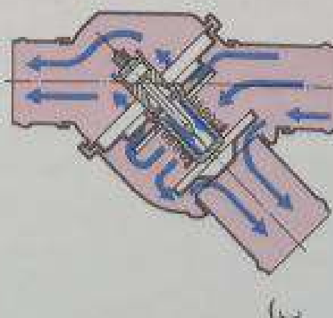
يجري ماء التبريد في أنابيب أفقية في المشعات ذوات التدفق المستعرض (شكل ١٣١ - ١)، وتركب هذه المشعات في المركبات الآلية التي يكون إرتفاع الحيز المتاح لتركيب المشع فيها قليل.

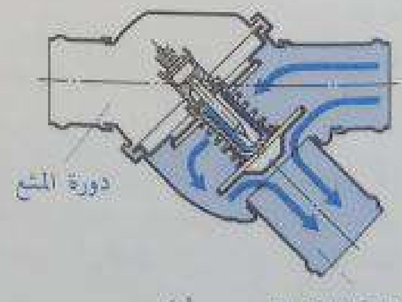
غطاء غلق المشع (شكل ١٣١ - ٢). لتقليل وزن المشع وحجمه، تُرفع درجة حرارة غليان الماء بالمشع بزيادة الضغط داخله، وبذلك يزداد فرق درجتي الحرارة بين وسيط التبريد والهواء. وبهذه الطريقة يمكن رفع فعالية التبريد. ويركب صمام الضغط الزائد في غطاء غلق المشع. كما يوجد في الغطاء نفسه صمام ضغط منخفض لمنع تقلص (انكماش) المشع عند برودة ماء التبريد.
ويجب الاحتراس عند فتح غطاء المشع في حالة مايكون المحرك ساخنا، فقد يؤدي البخار المتدفق تحت الضغط إلى حرق الأيدي والوجه.

مضخة الماء: تدار مضخة الماء عادة بسير على شكل حرف V (مخروطي). وتثبت المضخة غالبا مع المروحة أمام المحرك. وتقوم المضخة الدوارة بامتصاص الماء من خزان المشع السفلي وضخه في المحرك. وتستعمل حشيات لمنع التسرب بين عمود الإدارة وجسم المضخة.
ويجب مراعاة شد سير إدارة المضخة (حرف V) بالقدر الصحيح. إذ يؤدي الشد المفرط إلى زيادة تحميل المحامل أكثر من اللازم بينما يؤدي الشد الضعيف إلى انزلاق السير. ويعتبر شد السير صحيحا إذا أمكن دفعه بالإبهام لمسافة تتراوح بين 10 mm و 20 mm.

تنظيم درجة حرارة ماء التبريد: لا يتبخر الوقود إلا بصورة جزئية في الأسطوانات، إذا كان المحرك باردا ويزيل الوقود غير المتبخر غشاء الزيت من جدران الأسطوانات، مما يؤدي إلى زيادة كل من معدل بلى الأسطوانات ومعدل استهلاك الوقود. ولهذا السبب يجب الوصول بدرجة حرارة المحرك إلى درجة حرارة التشغيل في أسرع وقت بعد بدء التشغيل. وتتراوح درجة حرارة التشغيل بين 75°C

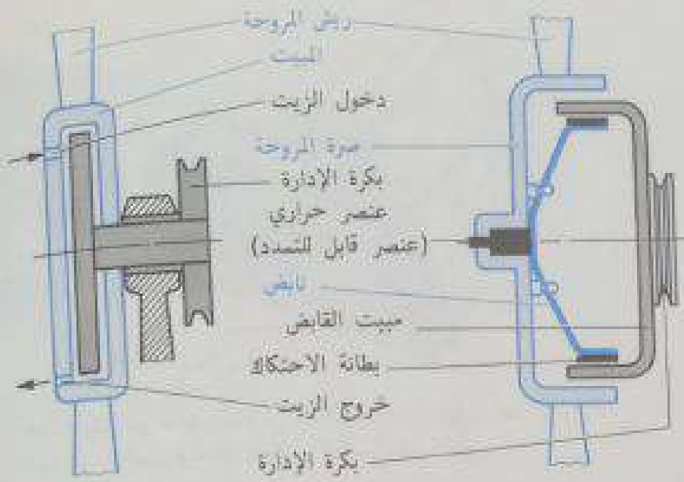


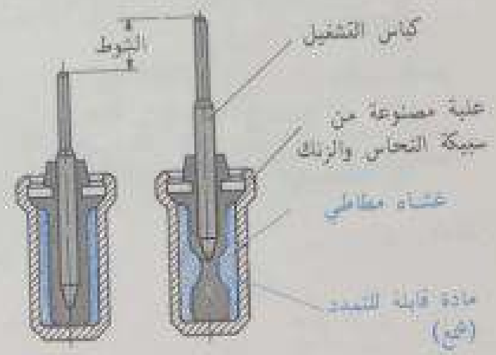




١٣١ - ٣ الترموستات كمنظم لدائرة القصر.
أ) يغلق الترموستات دورة المشع بواسطة نابض، عندما تكون درجة حرارة ماء التبريد أقل من 80°C، وتكون دورة دائرة القصر آنذاك مفتوحة بشكل كامل.

ب) يبدأ الترموستات بفتح دورة المشع وإغلاق دورة دائرة القصر بنفس المقدار، عندما تصل درجة الحرارة إلى 80°C.
ج) يقوم الترموستات بفتح دورة المشع فتحا كاملا كما يغلق دورة دائرة القصر تماما في نفس الوقت، عندما تتجاوز درجة حرارة ماء التبريد 90°C.





١٣٢ - ١ عنصر من مادة قابلة للتمدد عند ارتفاع درجة الحرارة، ينصهر الشمع الموجود داخل جسم العنصر والمقاوم للضغط، وينتج عن انصهار الشمع، إزدياد في الحجم يؤدي إلى دفع غشاء مطاطي ليدفع هوالآخر بدوره كباسا إلى الخارج. ويعود الكباس إلى وضعه الأصلي بفعل تأثير نابض إرجاع، عند انخفاض درجة الحرارة.

١٣٢ - ٢ رسم تخطيطي لطريقة عمل مروحة السائل اللزج: يدير السير المخروطي (شكل حرف ٧) قرصا محملا في المبيت المغلق بطريقة تمكنه من الدوران. ويثبت هذا المبيت المغلق مع المروحة. ويوجد خلوص عرضه حوالي 1 mm بين القرص القائد المذكور والمبيت المغلق الذي يحتويه. ويتدفق قدر من الزيت اللزج إلى داخل المبيت المغلق تبعا لدرجة حرارة ماء التبريد، ويتم التحكم في مقداره حراريا (ترموستاتيا). ويخرج الزيت من المبيت من فتحة خروج عائدا إلى وعاء التخزين.
وتدور المروحة بفعل قوة الاحتكاك الناشئة بين زيت القرص القائد (بكرة الإدارة) والمبيت، ويتوقف دورانها على مقدار كمية الزيت الموجودة.

١٣٢ - ٣ رسم تخطيطي لطريقة عمل قابض مروحة ذي تحكم ميكانيكي (بدون محامل): عند ارتفاع درجة الحرارة يضغط العنصر ذوالمادة القابلة للتمدد بطانة الاحتكاك على النابض ضد مبيت القابض، ويتحقق بذلك ارتباط قوي بينهما. وفي بعض التصميمات الأخرى يضغط النابض قرصين ضد بعضهما، حيث يبطن أحدهما ببطانة احتكاك.

و 90°C، كما يجب بقاؤها ثابتة، بغض النظر عن درجة حرارة الجو الخارجي، أو حمل المحرك أو سرعة المركبة. ويتم تنظيم درجة حرارة
ماء التبريد عن طريق تنظيم معدل تدفق ماء التبريد، وتنظيم معدل تدفق الهواء.
تنظيم درجة حرارة ماء التبريد بتنظيم تدفق الماء: يوجد الترموستات - وهو منظم تلقائي للحرارة - في مسار دورة ماء التبريد بين
المحرك والمشع (شكل ١٣١ - ٢).
يتدفق ماء التبريد في أنبوب دورة دائرة القصر، الذي يتفرع عند الترموستات إلى مضخة الماء، ومنها إلى كتلة الأسطوانات، طالما لم
يبلغ المحرك درجة حرارة التشغيل.
يعتبر منظم الخنق أبسط وسيلة للتحكم في معدل تدفق مياه التبريد، ويتم التحكم في صمام مرور ماء التبريد إلى دورة المشع، بينما تبقى
دائرة القصر مفتوحة دائما. ويكون قطر هذا الأنبوب صغيرا بدرجة ملحوظة. وهو يوجد عادة في كتلة الأسطوانات.
منظم دائرة قصر دورة التبريد (شكل ١٣١ - ٢). يتم تشغيل صمام تبادلي في منظم دائرة قصر دورة التبريد، الذي من شأنه فتح دورة
المشع بنفس المقدار الذي يغلق به دورة دائرة القصر.
ويتم التحكم في الصمامات بواسطة عناصر ذوات مواد قابلة للتمدد (شكل ١٣٢ - ١)، تحل محل الترموستاتات على شكل منفاخ
والترموستاتات التي تعمل بضغط البخار، التي كانت منتشرة في الماضي.
وبالتحول إلى نظم التبريد التي يستخدم فيها الضغط المرتفع، أصبح من الضروري استعمال ترموستاتات بمواد قابلة للتمدد أو
ترموستاتات شمعية بدلا من الترموستاتات على شكل منفاخ ذات الحساسية العالية للضغط.
تنظيم درجة حرارة ماء التبريد بتنظيم تدفق الهواء: تتركز أبسط التجهيزات في هذا المجال، في استعمال حصائر قابلة للانفتاح
والانغلاق، يتم التحكم فيها يدويا أوتبعا لدرجة الحرارة. ويمكن غلق الحصيرة تماما عند بدء تشغيل المحرك بهدف الوصول إلى درجة حرارة
التشغيل في أسرع وقت، أوبهدف حماية المحرك من البرد الشديد أثناء البرد القارس وخاصة عند السير في الجبال.
كما يمكن تنظيم دخول هواء التبريد بفصل المروحة تلقائيا أو بخنق هوائها. وبهذه الطريقة يتم الحصول على قدرة إدارة إضافية إلى
جانب تقليل الضوضاء الناشئة عن دوران المروحة. تستهلك المروحة بضعة كيلوواطات من قدرة المحرك. ويكفي تيار هواء السير
للتبريد، عند درجات الحرارة المنخفضة والمتوسطة، بحيث يمكن الإستغناء عن المروحة لحوالي 95% من زمن التشغيل. وهناك نظم عديدة
متبعة لفصل المروحة أوخنق هوائها.
مروحة السائل اللزج (شكل ١٣٢ - ٢): وهي ذات قابض هيدرولي ولايتم فصلها كليا. وتدور المروحة دائما بربع سرعة دوران عمود
الإدارة على الأقل. وترتفع سرعة دوران المروحة دون حدوث ارتجاج عند زيادة درجة حرارة ماء التبريد. ولاتتعدى سرعة المروحة
95% من سرعة عمود الإدارة، بسبب الانزلاق الحاصل بين الزيت وقرص الإدارة، وبالتالي المبيت. ويتم فصل المروحة عن عمود الإدارة
تماما، عند فتح القابض في حالة استعمال قابض مروحة ذي تحكم ميكانيكي (شكل ١٣٢ - ٣). وعند قفل القابض يتم تشغيل المروحة دون
حدوث انزلاق. ويحدث تعشيق المروحة ارتجاج ملموسا.

يحتوي قابض المروحة الكهرومغنطيسي على مغنطيس يتم التحكم فيه بترموستات. وبارتفاع درجة الحرارة ووصولها إلى درجة حرارة التشغيل، يسحب المغنطيس المروحة تجاه قرص الإدارة (القائد). ويحدث التعشيق ارتجاجا ملموسا.

المروحة المدارة كهربائيا: تدار هذه المروحة بواسطة محرك كهربائي، يتم التحكم فيه بواسطة ترموستات. فيدير المحرك الكهربائي المروحة، عند ارتفاع درجة حرارة ماء التبريد إلى 100°C. وفي هذه الحالة يمكن تركيب المروحة قبل المشع أو بعده.

ماء التبريد: يجب أن يكون ماء التبريد نقيا، وأن يحتوي على نسبة منخفضة من الكلس (الجير) خصوصا، لأن هذا يترسب بارتفاع درجة حرارة الماء. ويؤدي ترسب الكلس (الجير) على أسطح دورة التبريد إلى انسداد أنابيب ماء التبريد الدقيقة في المشع. ولذلك ينبغي غلي الماء المحتوي على نسبة عالية من الكلس (الجير) قبل ملء المشع به.

تضاف مادة مانعة للتجمد إلى ماء التبريد في فصل الشتاء في البلاد الباردة، حتى تمنع تجمد ماء التبريد. وتضاف هذه المادة بنسبة (2:1)، أي يضاف لتر واحد من مانع التجمد لكل 2 l ماء. وبذلك يظل ماء التبريد في حالة سائلة حتى درجة حرارة (−20°C)، وإذا انخفضت درجة الحرارة أكثر من ذلك، فإن المحلول يصبح هلامي القوام. ويمكن تحديد نسبة مانع التجمد في المحلول باستعمال مكثاف السوائل (هيدرومتر) وبالاستعانة بجدول خاص بذلك. وتعمل معظم المواد المانعة للتجمد على إذابة الصدأ والحجر الجيري المترسب في دورة التبريد.

مراقبة درجة حرارة ماء التبريد: يمكّن مؤشر درجة حرارة ماء التبريد، سائق السيارة من اتخاذ إجراءات التصحيح المناسبة عند ارتفاع أو انخفاض درجة حرارة ماء التبريد عن الحدود المسموح بها. ويستعمل لذلك ترمومتر يسجل عن بعد ذو مؤشر مثبت في لوحة أجهزة البيان. يُغمس عنصر حراري (مزدوجة حرارية) داخل ماء دورة التبريد وتولّد هذه المزدوجة تيارا كهربائيا عند ارتفاع درجة الحرارة، يؤدي بدوره إلى تحريك مؤشر درجة الحرارة.

مقارنة بين التبريد بالهواء والتبريد بالماء

نوع التبريد	المميزات	العيوب
التبريد بتيار هواء السير	بسيط ورخيص وخفيف ويحتاج لحيز أقل. صيانته بسيطة ويمكن الوصول إلى درجة حرارة التشغيل في زمن قصير. لا يحدث تجمد	تبريد سيء عند السير ببطء ودوران عالي الضوضاء للمحرك وتأرجح شديد لدرجات حرارة الأسطوانات.
التبريد (بالدفع الهوائي) بمروحة هواء	خفيف ويكاد لا يحتاج إلى صيانة ويمكن الوصول إلى درجة حرارة التشغيل بسرعة. لا يحدث تجمد. تبريد جيد عند كل ظروف السير.	دوران عالي الضوضاء للمحرك وفقد جزء من قدرة المحرك لإدارة المروحة.
التبريد بالماء	تبريد جيد عند كل ظروف السير، قلة ضوضاء المحرك. درجات حرارة الأسطوانات منخفضة ومنتظمة.	ثقيل الوزن ويحتاج إلى صيانة أكثر، مع وجود خطر تجمد الماء. يتم الوصول إلى درجة حرارة التشغيل ببطء. يحتاج إلى حيز أكبر. معرض للأعطال بشكل أكبر

صيانة دورة التبريد:

- يجب ملاحظة مستوى ماء التبريد. ولا يجوز ملء المشع حتى نهايته. وإذا دعت الحاجة إلى إضافة ماء إلى المشع عندما يكون المحرك ساخنا، فإنه يجب إضافة الماء البارد ببطء ودون إيقاف المحرك.
- عند اكتشاف نقص في ماء التبريد يختبر إحكام المشع وتوصيلاته ضد التسرب. ويجب إعادة ربط قوامط تثبيت الخراطيم أو تغيير الخراطيم ذاتها إذا استدعى الأمر ذلك. وإذا تصاعدت فقاعات هواء بالمشع أثناء دوران المحرك، أو إذا وجدت آثار زيت في ماء التبريد، دل ذلك على عدم إحكام حشيات منع التسرب برأس الأسطوانات.
- عند انسداد المشع، يجب إذابة الحجر الجيري (الكلس) المترسب باستعمال المواد المذيبة الخاصة بذلك.
- يختبر مدى صحة شد سير الإدارة حرف V (المخروطي) وكذلك سلامة حالته.
- يجب تنظيف سطح المشع من الأجسام الغريبة وعلى الأخص من الحشرات. ويجب كذلك تنظيف زعانف التبريد للمحركات المبردة بالهواء.

الملخص:
- يجب التخلص من حوالي ثلث الحرارة المتولدة عن حرق الوقود بواسطة التبريد.
- لا يكفي التبريد بتيار هواء السير عند السير بسرعات بطيئة. وتتلخص عيوب هذا النوع من التبريد في ارتفاع ضوضاء المحرك، واستهلاك جزء كبير من طاقته لإدارة المروحة.
- يكفي التبريد بمروحة هواء لكل ظروف السير.
- يستعمل التبريد بالماء نظرا لفعاليته في خفض ضوضاء المحرك في معظم المركبات الآلية رغم بعض مساوئه.
- في حالة التبريد بدورة المثعب الحراري يبرد الماء في المشع بدرجة أكبر منها في دورة التبريد الجبري بالمضخة، ويرجع السبب في ذلك إلى بطء سرعة ماء التبريد في الحالة الأولى.
- يتكون جسم المشع حديثا من أنابيب مبططة ذات زعانف مجهزة برقائق أفقية أو متموجة في العادة.

- يزود غطاء المشع بصمام ضغط زائد وصمام ضغط منخفض.
- تؤدي زيادة الضغط بداخل المشع بمقدار 1 bar فوق الضغط الجوي، إلى رفع درجة حرارة غليان الماء إلى حوالي درجة 120°C.
- يعمل الترموستات (منظم الحرارة) نتيجة تغير حجم مادة قابلة للتمدد عند انصهارها داخل جسم موجودة فيه، ويؤدي التمدد إلى ضغط أصبع إلى الخارج فينفتح صمام المرور.
- تدور المروحة أو يتم تشغيلها في مركبات عديدة حسب الحاجة. وبذلك توفر قدرة المحرك اللازمة لادارتها باستمرار. ويتم الوصول إلى درجة حرارة التشغيل في زمن أقل، مما يعمل على حماية المحرك من التبريد الزائد، وإقلال ضوضاء المحرك.
- يجب أن تحتوي مياه التبريد على أقل كمية كلس (جير) ممكنة.
- يجب إضافة مانع التجمد إلى ماء التبريد قبل أن يبدأ فصل الشتاء، في البلاد الباردة.

أسئلة:

١ – ما هي الشروط الواجب توافرها في مجموعة التبريد؟
٢ – ما هي العوامل المؤثرة على فعالية التبريد؟
٣ – إشرح طريقة التبريد بدورة الثعب الحراري.
٤ – ما هي قيمة انخفاض درجة حرارة مياه التبريد في المشع بالدرجات المئوية في حالة التبريد بدورة الثعب الحراري وفي حالة دورة التبريد الجبري بالمضخة؟
٥ – ما هي الأشكال المختلفة لجسم المشع؟
٦ – لماذا يزود غطاء المشع بصمام ضغط زائد وصمام ضغط منخفض معاً؟
٧ – ما هو سبب ضرورة استعمال ترموستات في دائرة ماء التبريد؟
٨ – لماذا يتم تشغيل المروحة في كثير من المركبات الآلية عند ارتفاع درجة الحرارة عن درجة حرارة التشغيل العادية فقط؟
٩ – ما هي أنواع المراوح القابلة للفصل؟
١٠ – أذكر مميزات وعيوب أنواع التبريد المختلفة.
١١ – ما هي أعمال الصيانة الواجب القيام بها في دورة التبريد؟

٤ – ٣ تزليق (تزييت) المحرك.

يجب تزليق أجزاء المحرك المتحركة لمنع البلى (التآكل) والتلف المبكرين لأسطح الانزلاق (أنظر صفحة ٣٤). ويستدعي ذلك إدخال كمية كافية من مواد التزليق الجيدة إلى أسطح الانزلاق هذه.

٤ – ٣ – ١ مواد التزليق

تستعمل الزيوت المعدنية المستخرجة من النفط لتزليق المحركات، ويضاف إلى زيوت التزليق هذه إضافات خاصة لتحسين خواصها، ولكي يمكن استعمالها في المحركات ذات القدرات العالية ومتطلبات التزليق الخاصة.

ولا تصلح الزيوت النباتية أو الحيوانية لتزليق المحرك.

وظائف زيت التزليق:

- تقليل الاحتكاك على أسطح الانزلاق.
- تبريد أماكن المحامل وأسطح الانزلاق.
- تنظيف المحامل من مخلفات البلى والرواسب الأخرى.
- منع التسرب وعلى الأخص بين حلقات الكباس وسطح تشغيل الأسطوانة.
- حماية المواد من الصدأ.

الشروط الواجب توافرها في زيت التزليق :

تعتبر الضغوط العالية للمحامل ودرجات الحرارة المرتفعة للأسطوانات وكذلك درجات الحرارة المنخفضة للمحرك عند بدء التشغيل في الشتاء بجانب المقدرة على التزليق لفترة طويلة من الأمور التي تحدد الشروط الواجب توافرها في زيت التزليق ، ولذا :

- يجب خلو الزيت من الرواسب والأحماض والراتنجات والقطران .
- يجب أن يكون الزيت ذو نقطة عقد (التجمد) منخفضة ، وتعرف نقطة العقد بأنها درجة الحرارة التي يتوقف عندها الانسياب المرئي للزيت تحت تأثير الجاذبية الأرضية .
- يجب أن يكون الزيت مقاوما للتعتيق (الإزمان) . وتساعد درجات الحرارة السائدة في المحرك على أكسدة الزيت ، وبذلك تقل فاعلية تزليقه ، ويسمى هذا التفاعل بالتعتيق (الإزمان) . وقد أصبح بالإمكان أن يتم تغيير الزيت على فترات طويلة ، بواسطة استعمال زيت مقاوم للتعتيق .
- يجب أن يتمتع الزيت بلزوجة كافية عند كل درجات الحرارة التي يتعرض لها المحرك . وتلعب اللزوجة دورا هاما في تكوين غشاء تزليق جيد ، وتتغير اللزوجة بتغير درجة الحرارة ، إذ تقل بزيادة درجة الحرارة ، وتزداد بانخفاض درجة الحرارة . وتعتبر أفضل الزيوت ، تلك ذات اللزوجة التي لا تتغير كثيرا بتغير درجة الحرارة .

تصنيف زيوت المحركات تبعا للزوجتها : قامت جمعية مهندسي السيارات الأمريكية (Society of Automotive Engineers) بتقسيم زيوت المحركات وزيوت صناديق التروس إلى درجات لزوجة متعددة (قارن أيضا بالمواصفة القياسية DIN 51511) . وفيما يلي بعضها :

زيت للشتاء والتدوير الأولي (التليين) SAE 10 W
زيت للصيف والشتاء SAE 20 W
زيت للصيف SAE 30 W

وتتصف زيوت المحركات ذات الدرجات SAE 10، SAE 20 ، والمميزة بحرف "W" بخواص تزليق جيدة عند ظروف تشغيل المحرك البارد . ولذلك فهي تصلح للاستعمال في الشتاء . أما الرمز المزدوج SAE 20 W/20 فيعني تمتع هذا النوع بخواص كل من زيت الصيف وزيت الشتاء .

وتمتاز الزيوت متعددة الدرجات باستيفائها لخواص زيوت الشتاء عند درجات الحرارة المنخفضة وبخواص زيوت الصيف عند درجات الحرارة المرتفعة . ويرمز لها بالآتي كمثال : SAE 10 W/30 و SAE 20 W/40 و SAE 20 W/50 .

وتميز زيوت صناديق التروس بأرقام SAE – مرتفعة ، رغم عدم ارتفاع لزوجتها . فمثلا تتساوى لزوجة زيت صناديق تروس رقم SAE 80 مع لزوجة زيت محرك ذي رقم SAE 30 . ولقد استعملت الأعداد الكبيرة في الرمز لزيوت صناديق التروس لتفادي خطأ استعمالها كزيوت محركات ، حيث أن تركيبها يختلف عن تركيب زيوت المحركات .

تصنيف المعهد الأمريكي للنفط (API) لزيوت المحركات : تدل رموز SAE على لزوجة الزيوت فقط . أما المعهد الأمريكي للنفط (API) فيقسم زيوت المحركات تبعا لقدرة تحملها . وفيما يلي أهم أصنافها :

الرمز	نوع المحرك	مجال الاستعمال
SD	أوتو	في محركات أوتو من طراز عام ١٩٦٨ حتى طراز عام ١٩٧١ ، للمحركات عالية التحميل .
SE	أوتو	في محركات أوتو طراز عام ١٩٧٢ وما يلي ذلك . للمحركات ذات التحميل العالي جدا .
CC	ديزل أوتو	في محركات الديزل ومحركات أوتو . يجب استعمال هذه الزيوت في أغلب محركات الديزل .
CD	ديزل	لمحركات الديزل ذات التحميل العالي جدا ، مثلا محركات الشاحنات .

إن أهم الأنواع المستعملة في محركات أوتو هي الزيوت ذات الرمز MS . إذ تعمل 90% من سيارات ركوب الأشخاص تحت ظروف تشغيل تناسب هذا النوع من الزيوت .

إضافات الزيوت (Additives) : تخلط الزيوت بإضافة مواد تعمل على تحسين خواص التزليق وجعلها ملائمة للمتطلبات العالية . وتسمى هذه الزيوت بالزيوت المخلوطة (الممزوجة) . ونظرا لقدرة تحملها العالية ، فيطلق عليها إسم زيوت HD (HD = Heavy Duty) (زيت الخدمة الشاقة) . وهذا معناه «لظروف التشغيل الشاقة» . وقد أصبحت زيوت HD تستعمل حاليا لمحركات أوتو ومحركات الديزل دون استثناء تقريبا .

وظائف الإضافات المختلفة هي :

- إعاقة تعتيق الزيت ، لكي يحافظ على قدرة التزليق لمدة طويلة .
- خفض نقطة العقد (التجمد) .
- تحسين خواص اللزوجة مع تغير درجة الحرارة .
- الوقاية من الصدأ .
- تحسين مقاومة غشاء الزيت للإجهادات ، وبالتالي رفع قدرة التزليق .
- تقليل تكوين الرغوة .

• حماية أجزاء المحرك من الرواسب والزيت المتفحم والسناج. وتعمل الإضافات على إبقاء جزيئات السناج عالقة في الزيت.

ويمكن تحقيق إطالة كل من عمر المحرك ومدة تغيير الزيت باستعمال زيوت HD.

استهلاك الزيت: يتسرب جزء من الزيت – أثناء دورة الزيت – إلى غرفة الاحتراق ويحترق فيها. كما يحترق غشاء الزيت الملتصق بالأجزاء العلوية من جدران الأسطوانات أثناء شوط القدرة. وتشارك أدلة الصمامات كذلك في استهلاك الزيت بدرجة كبيرة، إذ يكون ضغط منخفض في الأسطوانة أثناء شوط السحب، مع بقاء الصمام مفتوحا، فيسحب جزء من الزيت الموجود بين ساق الصمام ودليله، ويحترق الزيت المتسرب للأسطوانة أثناء شوط القدرة أيضا. أما بخار (ضباب) الزيت الداخل إلى الأسطوانة نتيجة تهوية علبة المرفق، فلا يشكل جزءا كبيرا من الاستهلاك الكلي للزيت. وتدل زيادة معدل استهلاك الزيت أثناء التشغيل – دون وجود أية مصادر للتسرب من دورة الزيت – على البلى (التآكل) الزائد لحلقات الكباس وللسطح الداخلي للأسطوانة وكذلك لأدلة الصمامات. وإذا لم يكن هناك أي استهلاك للزيت، فإن ذلك يدل على حدوث تخفيف للزيت ناشئ عن تكاثف الوقود بداخل المحرك البارد. وبتخفيف الزيت تسوء قدرته على التزليق.

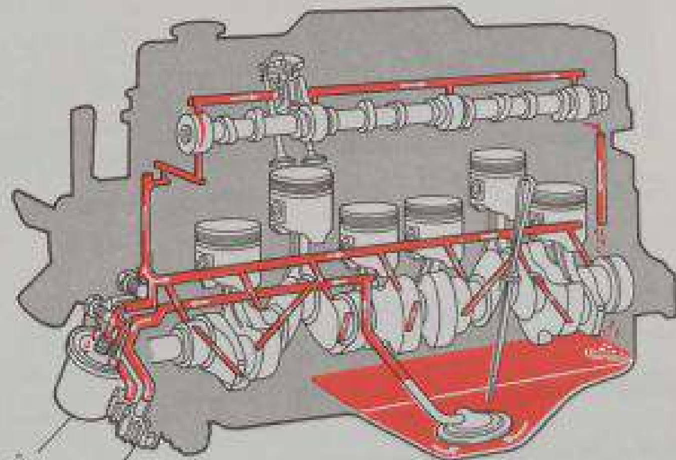
تغيير الزيت: يتأكسد الزيت بمرور الزمن، بالرغم من الإضافات التي به. كما يتلوث الزيت بواسطة الغبار ومخلفات البلى. لذلك يجب تغيير زيت المحرك بعد سير المركبة لمسافة معينة. وتحدد الشركات المنتجة وجوب تغيير الزيت بعد سير مسافة تراوح بين 3000 km و 6000 km (كيلو متر). ومن الأفضل تغيير الزيت على فترات أقصر في الشتاء، وعندما يغلب السير لمسافات قصيرة. عند تغيير الزيت، يجب التأكد من لزوجة الزيت المناسبة لفصل السنة بصفة خاصة. ويمكن استعمال الزيت متعدد الدرجات في كل فصول السنة. كما يجب أن يكون المحرك ساخنا عند تغيير الزيت، ففي هذه الحالة يكون الزيت أقل لزوجة ويسري بسهولة. وبذلك يمكن التخلص من الرواسب تخلصا شبه كامل.

٤ – ٣ – ٢ دورة التزييت

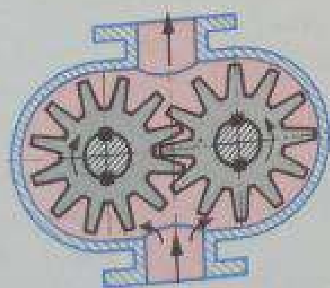
يجب وصول الزيت باستمرار إلى كل أماكن التزييت بالمحرك أثناء التشغيل. لذلك طورت نظم تزييت مختلفة هي:

دورة التزييت بالضغط (شكل ١٣٦ – ١) ويستخدم هذا النوع من دورات التزييت عادة في محركات المركبات الآلية. كما يغلب استعماله في المحركات رباعية الأشواط. ويسحب الزيت من حوضه بواسطة مضخة الزيت (شكل ١٣٦ – ٢)، التي تضغطه إلى مواضع التزييت، ومنها يتدفق الزيت عائدا إلى حوض الزيت. ويتم تزييت كل المحامل وأدلة الصمامات بالزيت المضغوط. أما الأسطح الداخلية للأسطوانات (أسطح التشغيل)، فيتم تزييتها بالزيت المرشوش، الذي يخرج من الجوانب تحت تأثير الضغط من محامل ذراع التوصيل أو من ثقوب بالنهاية الكبرى لذراع التوصيل، ثم يتناثر الزيت على أسطح الأسطوانات بالقوة الطاردة المركزية الناتجة عن دوران عمود المرفق. كما يتم تزييت مسمار الكباس بهذه الطريقة.

ويتمكن الزيت المتساقط من رأس الكباس، من الوصول إلى مسمار الكباس ماراً خلال ثقب في النهاية الصغرى لذراع التوصيل. ويضغط الزيت في بعض التصميمات إلى مسمار الكباس من محمل ذراع التوصيل، عبر قناة موجودة في ذراع التوصيل. وتحصل المحامل المزيتة بدورة الضغط دائما على كمية من الزيت أكبر مما تحتاج إليه، حيث يستفاد بهذا الزيت الزائد في التبريد.



١٣٦ – ١ دورة التزييت بالضغط. يستعمل حوض الزيت – أسفل المحرك – كخزان للزيت. وتوجد سدادة تفريغ الزيت في أدنى موضع بحوض الزيت. تسحب المضخة الزيت من حوض الزيت وتضغطه إلى أماكن المحامل. ويمر الزيت عادة خلال مرشح زيت للتنقية (بالترشيح). وفي بعض المحركات – وخاصة تلك المبردة بالهواء – يبرد الزيت في مبرد زيت قبل وصوله إلى أماكن التزييت. أما مراقبة ضغط الزيت فتتم عن طريق مصباح بيان أو مقياس ضغط (مانومتر) زيت.



١٣٦ – ٢ مضخة من الطراز ذي التروس: يسحب الزيت في الفراغات بين أسنان التروس وجسم المضخة. وبعد نصف دورة تتداخل أسنان الترسين، فتضغط الزيت في أنبوب التوصيل إلى أماكن التزليق.

التزييت الجبري من الحوض الجاف؛ يعتبر التزييت الجبري من الحوض الجاف نوعا من أنواع التزييت بالضغط. وفيه تقوم مضخة بضخ الزيت إلى خزان زيت خاص، ومنه يضغط الزيت بواسطة مضخة زيت ثانية إلى أماكن التزييت بالحامل. وبذلك لا يكاد يتجمع أي زيت بالحوض. ولا يتجمع الزيت بمكان معين بحوض الزيت، حتى في ظروف التسارع أو ميل المركبة بدرجة كبيرة. ومن ثم لا يسبب دوران عمود المرفق حدوث رغوة بالزيت. ولهذا السبب يستعمل هذا النوع من التزييت بصورة جزئية في المركبات التي تسير في طرق ريفية (غير معبدة)، وكذلك في سيارات السباق ذوات خزانات الزيت الكبيرة.

التزييت بخليط (الوقود + الزيت)؛ يقتصر استخدام هذا النوع من التزييت على المحركات ثنائية الشوط، حيث يخلط الزيت مع الوقود بنسبة (1:25) أو (1:40). أي أنه يضاف لتر واحد من الزيت لكل 25l أو 40l (لتر) من البنزين. ويسحب خليط البنزين والزيت إلى علبة المرفق حيث يتم تزييت كل الأجزاء المتحركة بها. ولما كان التزييت بالخليط لا ينقل الحرارة إلا بقدر ضئيل، فإنه يتم تحميل كل من عمود المرفق وذراع التوصيل على محامل أسيطينية، لما تتصف به هذه من توليد قليل لحرارة الاحتكاك.

وفي حالة التزييت بالخليط، يزود المحرك دائما؛ بزيت نقي، حيث يكون معدل استهلاك الزيت في هذه الحالة أعلى منه في حالة التزييت بالضغط، لأن الزيت المختلط بالبنزين يحترق في غرفة الاحتراق.

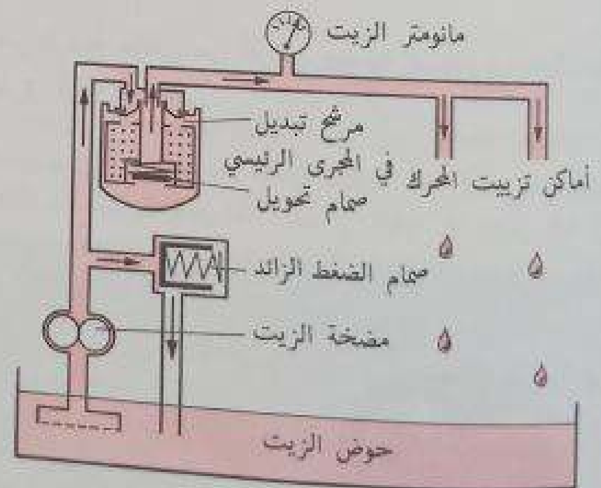
٤-٢-٣ ترشيح الزيت

تسوء حالة الزيت أثناء التشغيل ليس بسبب أكسدته فحسب، بل بسبب المواد الغريبة التي تصل للزيت أثناء التشغيل أيضا. وتعتبر المواد الصلبة مثل الغبار والجسيمات المعدنية وبقايا الاحتراق، من أخطر المواد الغريبة، لأنها تؤدي إلى البلى السريع لأجزاء المحرك المتحركة، هذا إذا لم تؤد إلى عطل المحرك قبل ذلك بسدها لقنوات الزيت. ويركب مرشح زيت في دورة الزيت في معظم محركات الاحتراق الداخلي، لإطالة عمر المحرك ورفع درجة أمان التشغيل. ويمكن تركيب المرشح في أحد المواقع التالية:

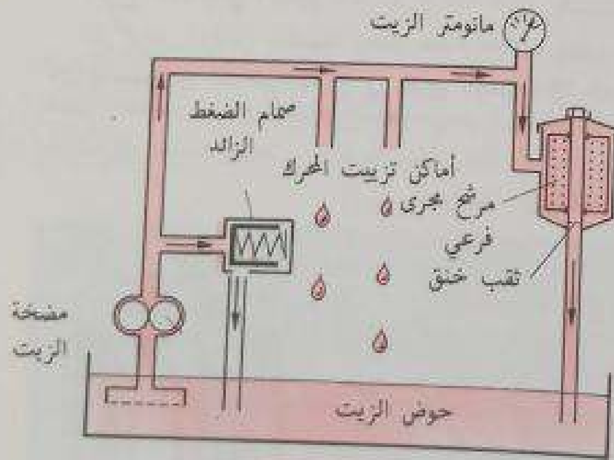
- في مجرى رئيسي (شكل ١٣٧ - ١)
- في مجرى فرعي (شكل ١٣٧ - ٢)
- أو في مجريين معا أحدهما رئيسي والآخر فرعي.

وتزود غالبية محركات سيارات ركوب الأشخاص بمرشحات مركبة بمجرى رئيسي.

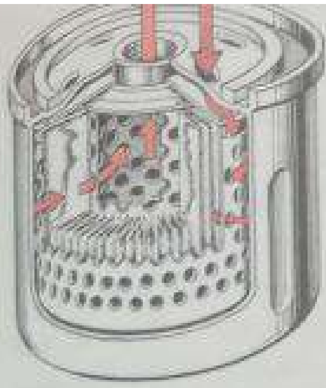
وقد أصبحت المرشحات ذات عناصر الترشيح الورقية نجمية الشكل تستعمل بصورة متزايدة لترشيح زيت التزليق. وهي تركب في مجرى رئيسي أو فرعي. وتتميز المرشحات المركبة في مجرى رئيسي باتساع مسام ورق الترشيح عن تلك المركبة في مجرى فرعي، لكبر معدل تدفق الزيت بالمجرى الرئيسي. وفي بعض الأحيان تستعمل مرشحات مجرى فرعي مزودة بعناصر ترشيح من نسيج ليفي مضغوط.

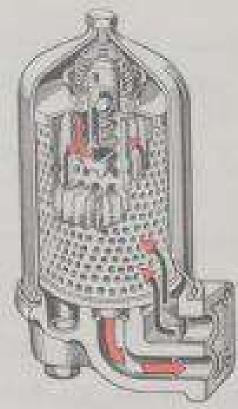


١٣٧ - ١ ترشيح الزيت في المجرى الرئيسي. يتدفق التيار الكلي للزيت في هذا الترتيب، من المضخة إلى المرشح أولا، ومنه إلى أماكن الحامل. ويقوم صمام تحويل بفتح طريق مباشر للزيت إلى أماكن الحامل، عند وصول الضغط الزائد إلى حد معين. وبهذا يضمن عدم تشغيل المحرك دون زيت في حالة انسداد المرشح، وكذلك عدم تمزق عنصر الترشيح عند زيادة ضغط الزيت عن حد معين. كما يستعمل صمام ضغط زائد آخر لحماية أنابيب الزيت، والمضخة ووسيلة إدارتها، من زيادة الحمل عليها، إذ إنه عند زيادة ضغط الزيت عن حد معين، يتدفق الزيت خلال صمام الضغط الزائد إلى علبة المرفق.



١٣٧ - ٢ ترشيح الزيت في مجرى فرعي. يتدفق الجزء الأكبر من تيار الزيت من مضخة الزيت مباشرة إلى أماكن الحامل ويسمح ثقب خنق بمرور حوالي 10% من كمية الزيت المار خلال مرشح الزيت، ومنه إلى حوض الزيت. وبذلك يمر كل الزيت الموجود في حوض الزيت خلال المرشح المركب في المجرى الفرعي. وكلما زاد تلوث مرشح الزيت، قلت كمية الزيت المارة خلال المرشح. ويركب عادة صمام ضغط زائد لحماية دورة التزييت من زيادة الحمل.





١٣٨ - ١ مرشح دقيق ذو عنصر ترشيح قابل للاستبدال. يدخل الزيت من السطح الخارجي لعنصر الترشيح، حيث تتجمع الرواسب. ويخرج الزيت النقي من أنبوب في وسط المرشح، في اتجاه محوري.

١٣٨ - ٢ مرشح تبديل ذو عنصر ترشيح ورقي بشكل نجمي. يتم استبدال المرشح بأكمله عند انسداد مسام عنصر الترشيح. ويمكن استبدال المرشح يدويا دون الحاجة إلى أية عدة. ولا يحتاج ذلك إلا إلى مجهود قليل.

مرشح زيت ذو عنصر ترشيح قابل للاستبدال (شكل ١٣٨ - ١). يستعمل هذا المرشح عندما يراد تبسيط صيانة المرشح باستبدال عنصر الترشيح.

مرشح تبديل (قابل للاستبدال) (شكل ١٣٨ - ٢) يستعمل مرشح التبديل ذو عنصر الترشيح الورقي نجمي الشكل في معظم محركات سيارات ركوب الأشخاص. كما يفضل استعماله أيضا في الشاحنات والجرارات. ويركب مرشح التبديل عادة في المجرى الرئيسي. كما يمكن تركيبه أيضا في مجرى فرعي. وإذا كان وضع مرشح التبديل أفقيا فإن الفرصة تكون متاحة لرجوع الزيت إلى مصدر قدومه، عند توقف المحرك لزمن طويل. وفي هذه الحالة لا ينشأ ضغط الزيت فورا، لأنه يجب امتلاء المرشح بالزيت أولا، ولذا يضيء مصباح بيان ضبط ضغط الزيت لعدة ثوان. وعلى النقيض من المرشحات الموضوعة أفقيا، نجد أن الزيت لا تتمكن من العودة، في المرشحات المعلقة رأسيا.

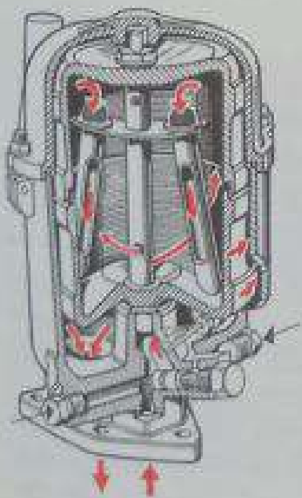
المرشح عالي القدرة (شكل ١٣٨ - ٣)، يمكن إطالة مدة صلاحية استعماله باستخدام مرشح مصفاة أولي وعنصر ترشيح ورقي. إذ يمنع مرشح المصفاة الأولي مرور الشوائب الغليظة (الخشنة)، بحيث يتحتم على المرشح الورقي ترشيح الزيت من الشوائب الدقيقة فقط. ويستعمل هذا النوع من المرشحات عادة في محركات الشاحنات.

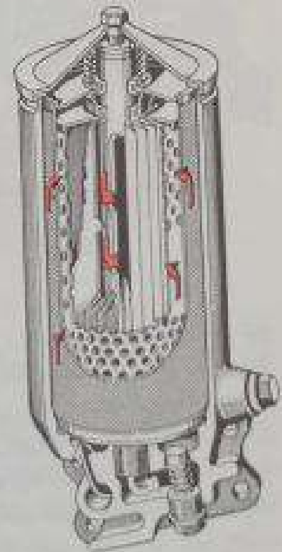
المرشح بالطرد المركزي (شكل ١٣٨ - ٤)، أثبتت هذه المرشحات كفايتها عند الاستعمال في محركات الاحتراق الداخلي المتوسطة والكبيرة، مثال ذلك تلك المستعملة في الشاحنات والقطارات. وتستعمل كمرشح إضافي لمرشح في مجرى رئيسي، ويتم تركيبها في مجرى فرعي.

ولا تحتاج مرشحات الطرد المركزي لقطع غيار للاستبدال، كما أنها تقوم بفصل الجسيمات المعدنية الثقيلة بكفاية تبلغ حوالي ١٠٠٪.

المرشح المغنطيسي، يقوم هذا المرشح بمنع مرور جسيمات الفولاذ والحديد.

المرشح ذو الرقائق المنفصلة (Plate Type Filter)، يحتوي هذا المرشح على عنصر ترشيح مؤلف من أقراص معدنية مستديرة مثقبة. وقد كان يستعمل في الماضي كمرشح في مجرى رئيسي، إلا أنه لم يعد يركب حاليا في الإنتاج النمطي.



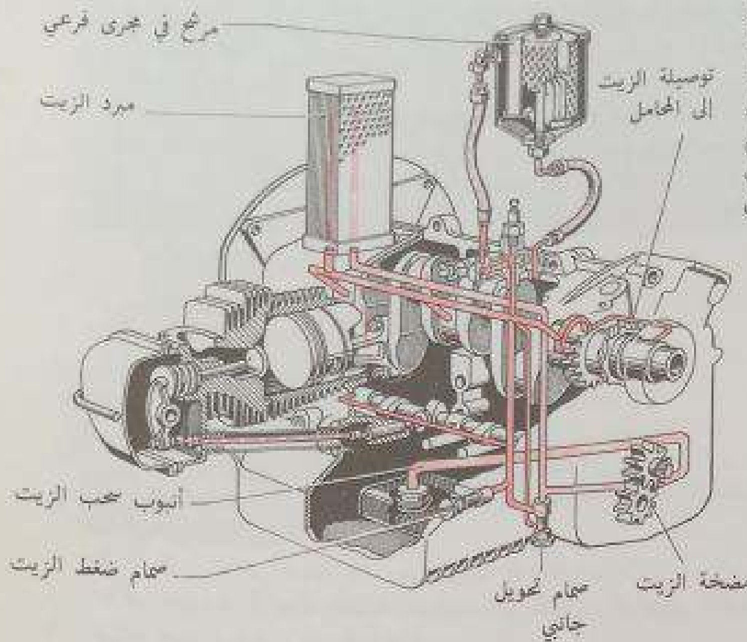


١٣٨ - ٣ المرشح عالي القدرة. يتدفق كل الزيت أولا خلال مرشح مصفاة، حيث تتم تنقيته تنقية أولية. ثم يتم الترشيح الدقيق في عنصر ترشيح المرشح التي تكون عادة في المجرى الرئيسي.

١٣٨ - ٤ مرشح الطرد المركزي. يتدفق الزيت خلال العمود المركزي المجوف الموجود في الجزء الدوار وخلال أنابيب قائمة، متجها إلى منافث الإدارة الموجودة عند الجانب السفلي لعنصر الترشيح.

وتؤدي قوى رد الفعل - الناشئة عن تدفق الزيت من منافث الإدارة - إلى دوران الجزء الدوار بسرعة متناسبة مع ضغط الزيت. فتنفصل الشوائب بقوى الطرد المركزي، نتيجة لدوران الزيت في الجزء الدوار، لتستقر على السطح الداخلي لجزء الدوار.

١٣٩ - ١ دورة زيت بمبرد زيت يتم تبريده بالهواء. تسحب الزيت من ميبت (علبة) المرفق بواسطة المضخة، ثم يضخ من خلال أنبوب الضغط إلى صمام التحويل. يظل كباس الصمام في أسفل وضع له، طالما كان الزيت باردا، فيمكن الزيت من الوصول إلى أماكن التزييت دون المرور خلال مبرد الزيت. وعند سخونة الزيت يتحرك كباس صمام التحويل إلى أعلى بواسطة ضغط الزيت ليغلق قناة الاتصال المباشر إلى أماكن التزييت، فيضطر الزيت إلى المرور خلال مبرد الزيت ليصل إلى أماكن التزييت باردا.



٤ - ٣ - ٤ تبريد الزيت

يتلقى الزيت حرارة من أسطح الانزلاق، ويطردها إلى الهواء عن طريق حوض الزيت. وإذا لم يكن تبريد الزيت في حوض الزيت كافيا - وهو الأمر السائد في المحركات المبردة بالهواء - فيصبح استعمال مبرد زيت خاص في هذه الحالة ضروريا. ويستعمل مبرد الزيت - يتم تبريده بالهواء - للمحركات المبردة بالهواء، أما المحركات المبردة بالماء فيستعمل فيها مبرد زيت يتم تبريده بالماء.

وتركب مبردات الزيت التي تبرد بالهواء (شكل ١٣٩ - ١)، بحيث يمكن للزيت البارد الوصول إلى أماكن التزييت دون المرور خلال المبرد.

وتعمل مبردات - الزيت التي تبرد بالماء - كمبادل حراري، إذ يسخن الماء في البداية بمعدل أسرع من الزيت وبذلك تنتقل الحرارة من الماء إلى الزيت البارد لتدفئته. وعندما ترتفع درجة حرارة المحرك إلى درجة حرارة التشغيل، تنتقل الحرارة من الزيت إلى ماء التبريد.

٤ - ٣ - ٥ مبين ضغط الزيت

يستعمل مصباح بيان أو مانومتر لبيان ضغط الزيت، وذلك لمراقبة ضغط الزيت، إذ يضيء مصباح البيان عندما ينخفض ضغط الزيت عن حد أدنى معين. وتعني إضاءة مصباح بيان ضغط الزيت أثناء سير المركبة، نقص كمية الزيت أو عطل مضخة الزيت أو أي عطل آخر في دائرة الزيت. أما مانومتر الضغط فإنه يبين الضغط الحظي للزيت، بصفة مستمرة.

الملخص:

- في الاحتكاك الجاف، تنشأ قوى احتكاك كبيرة ومعدل بلى مرتفع قد يؤديان معا إلى تآكل (لصب) المحامل.
- ينتج عن الاحتكاك المائع قوى احتكاك قليلة، ومن ثم معدل بلى منخفض.
- وظائف زيت التزليق هي التزييت والتبريد والتنظيف ومنع التسرب والوقاية من الصدأ.
- يجب أن يكون زيت التزليق نقيا ومقاوما للتعتيق (الإزمان)، كما يجب أن تكون لزوجته كافية ونقطة عقده منخفضة.
- تكون الزيوت ذات أرقام - SAE المنخفضة - منخفضة اللزوجة وتصلح للاستعمال في الشتاء.
- تكون الزيوت ذات أرقام - SAE العالية - عالية اللزوجة وتصلح للاستعمال في فصول السنة الدافئة.
- تصلح الزيوت متعددة الدرجات لكل فصول السنة.
- يبين تصنيف (API) تقسيم أنواع الزيوت تبعا لظروف التشغيل.
- تستعمل إضافات لتحسين خواص الزيت.
- يستعمل التزييت بالضغط عادة في المحركات رباعية الأشواط.
- يستعمل التزييت بالخليط بنسب (25 : 1) و (40 : 1) في المحركات ثنائية الشوط.
- يتدفق كل زيت التزليق خلال المرشحات عند الترشيح في المجرى الرئيسي.
- يتدفق حوالي 10% فقط من الزيت خلال المرشحات عند الترشيح في مجرى فرعي.
- تكبر المرشحات المركبة في المجرى الرئيسي باتساع مسامها عنها في المرشحات المركبة في مجرى فرعي.

- تستعمل مرشحات تنقية مركبة في مجرى رئيسي في معظم محركات سيارات الركوب.
- تركب مرشحات الطرد المركزي في مجرى فرعي في محركات الاحتراق الداخلي المتوسطة والكبيرة، بالإضافة إلى المرشحات الموجودة في المجرى الرئيسي.
- تحتاج محركات الاحتراق الداخلي الكبيرة والمحركات المبردة بالهواء إلى مبردات زيت خاصة.
- لا يتدفق الزيت عبر مبرد الزيت المبرد بالهواء إلا عندما تزداد درجة حرارته عن حد معين.
- تعمل مبردات الزيت بتبريد الماء، كمبادلات حرارية.
- يستعمل مصباح بيان ضغط الزيت عادة لمراقبة ضغط الزيت، ونادرا ما تستعمل مانومترات لبيان ضغط الزيت.

أسئلة:

١ – عرف أنواع الاحتكاك.
٢ – ما هي النتائج التي تترتب على سوء التزييت؟
٣ – ما هي وظائف زيت التزليق؟
٤ – ما هي الشروط الواجب توافرها في زيت التزليق؟
٥ – ما هي الزيوت الصالحة للاستعمال في الصيف وتلك الصالحة للاستعمال في الشتاء؟
٦ – أذكر وظيفة الإضافات
٧ – لماذا يجب تغيير الزيت بعد سير المركبة لمسافة معينة؟
٨ – ما هي دورات التزييت المختلفة المستخدمة في محركات المركبات الآلية؟
٩ – لماذا يجب ترشيح زيت التزليق؟
١٠ – كيف ترتب أوضاع المرشحات في دائرة التزييت؟
١١ – ما هي أنواع مرشحات الزيت المستعملة في محركات المركبات الآلية؟
١٢ – ما هو مدلول إضاءة مصباح بيان ضغط الزيت أثناء سير المركبة؟

٤ – ٤ محرك أوتو ثنائي الشوط

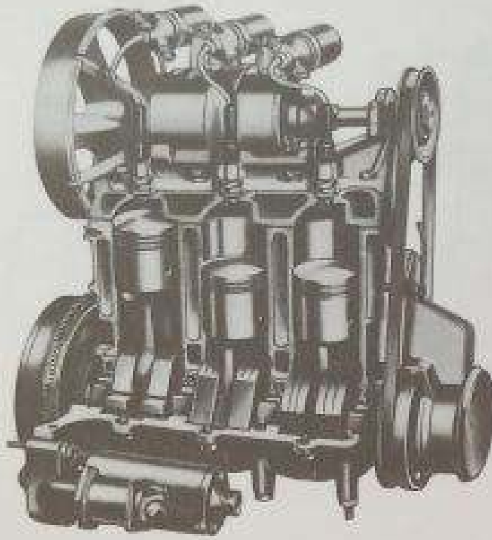
تستعمل محركات أوتو ثنائية الشوط في الدراجات النارية، لبساطة تصميمها، ولم تعد تستعمل في سيارات ركوب الأشخاص.

٤ – ٤ – ١ طريقة عمل المحرك ثنائي الشوط.

تتم دورة شغل واحدة خلال كل دورة لعمود المرفق في المحرك ثنائي الشوط، بينما تلزم دورتان لعمود المرفق لإتمام دورة الشغل في المحرك رباعي الأشواط. فيدمج المحرك ثنائي الشوط الأشواط الأربعة لدورة العمل أثناء دوران عمود المرفق دورة واحدة. لذلك فيعتبر اختيار إسم محرك ثنائي الشوط اختيار غير موفق.

ويتم إدماج الأربعة أشواط في دورة واحدة، بإتمام شحن وتفريغ الأسطوانة في زمن قصير جدا (حوالي 1/200 s). لذلك يجب دخول الشحنة النقية في الأسطوانة بضغط أعلى من الضغط الجوي. وتقوم علبة المرفق وكباسات المحرك بدور مضخة لرفع ضغط الشحنة، ولذا يلزم إحكامها جيدا ضد التسرب. ويتم توصيل الشحنة من علبة المرفق إلى غرفة الاحتراق بواسطة مجرى التوصيل (مجرى التحويل).

ويتم التحكم في دخول وخروج الغازات في المحرك ثنائي الشوط بواسطة الكباس وفتحات بجدران الأسطوانة. وتتدفق الغازات النقية خلال أنبوب السحب لتدخل عبر فتحة الدخول إلى علبة المرفق، ومنها تتدفق تحت ضغط خلال مجرى التوصيل لتدخل الأسطوانة عبر فتحة التوصيل (الكسح). وتخرج الغازات بعد الاحتراق، إلى أنبوب العادم من خلال فتحة الخروج. وتسمى هذه المحركات بالمحركات ثلاثية القنوات. ويؤدي التحكم بواسطة الفتحات إلى الاستغناء عن عناصر التحكم المعقدة في المحركات رباعية الأشواط، ويسمح بتصميم أكثر بساطة للمحرك (شكل ١٤١ – ١).



١٤١ – ١ قطاع في محرك ثنائي الشوط ذي ثلاث أسطوانات.

٤ – ٤ – ٢ العمليات الحادثة أثناء شوط الشغل

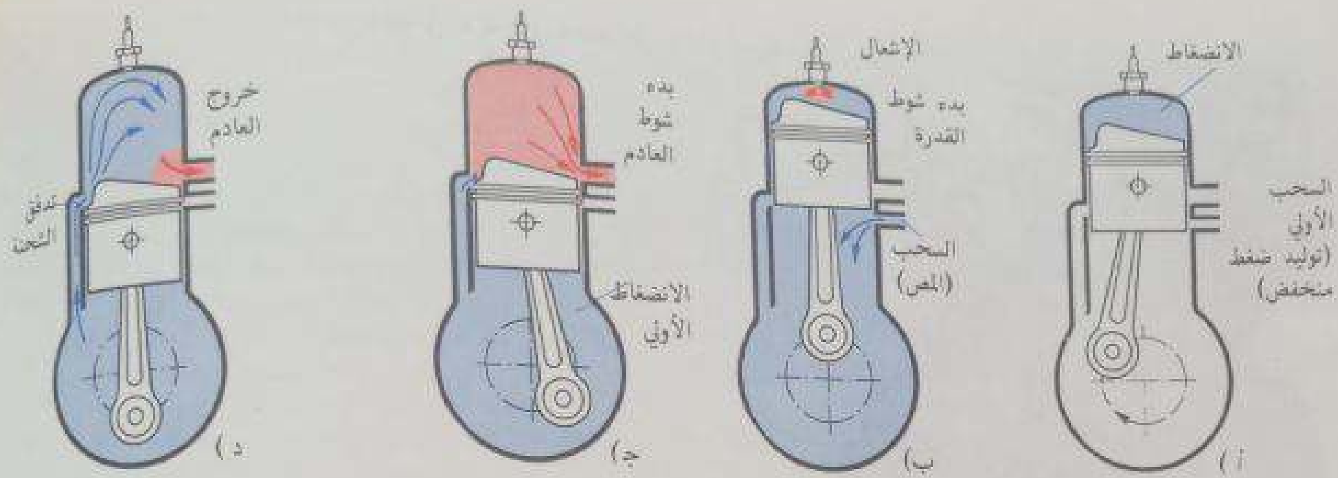
يتعرض الكباس من فوقه ومن تحته إلى العمليات التالية أثناء شوط الشغل.

حركة الكباس	العمليات الحادثة فوق الكباس	العمليات الحادثة تحت الكباس
من النقطة الميتة السفلى إلى النقطة الميتة العليا	بعد غلق مجرى التوصيل، تنضغط الغازات النقية (شكل ١٤٢ – ١) ويبدأ شوط القدرة بحدوث شرارة الإشعال (شكل ١٤٢ – ١ب)، قبل وصول الكباس إلى النقطة الميتة العليا.	بعد غلق مجرى التوصيل، ينخفض الضغط في علبة المرفق نتيجة كبر حجمها. وتسمى هذه العملية بالسحب الأولي (شكل ١٤٢ – ١). تفتح الحافة السفلى للكباس فتحة الدخول قبل وصول الكباس إلى النقطة الميتة العليا، وبذلك يبدأ سحب (مص) خليط الوقود والهواء إلى داخل علبة المرفق (شكل ١٤٢ – ١ب).
من النقطة الميتة العليا إلى النقطة الميتة السفلى	يتحرك الكباس إلى أسفل بتأثير الضغط الواقع عليه أثناء شوط القدرة. وتفتح فتحة العادم قبيل وصول الكباس إلى النقطة الميتة السفلى، حيث تتدفق الغازات المحترقة بسرعة إلى خارج الأسطوانة (شكل ١٤٢ – ١ج). وبعد ذلك ببرهة وجيزة يفتح الكباس مجرى التوصيل فتتدفق الشحنة النقية إلى داخل الأسطوانة وتنحرف في اتجاهها إلى أعلى مزيحة أمامها غازات الاحتراق المتبقية، لتخرج هذه من فتحة العادم (شكل ١٤٢ – ١د). وتغلق فتحة العادم مرة ثانية بواسطة الكباس المتحرك إلى أعلى، قبل وصول الشحنة النقية إليها.	يظل تدفق الشحنة النقية بفعل قوى القصور الذاتي إلى علبة المرفق قائما إلى أن تغلق فتحة الدخول بواسطة الكباس المتحرك إلى أسفل، حينئذ يبدأ انضغاط غازات الشحنة النقية داخل علبة المرفق. وتسمى هذه العملية بعملية الانضغاط الأولي (شكل ١٤٢ – ١ج). وعند فتح فتحة التوصيل تندفع الغازات إلى داخل الأسطوانة نتيجة زيادة ضغط الشحنة في علبة المرفق، عن الضغط في حيز الأسطوانة (شكل ١٤٢ – ١د).

٤ – ٤ – ٣ طرق الكسح

يكون زمن تغيير الشحنة بالمحرك ثنائي الشوط – أي لتفريغ وشحن الأسطوانة – قصيرا جدا. (أقل من نصف زمن تغيير الشحنة في المحرك رباعي الأشواط). ولذلك تؤثر طريقة الكسح – في المحرك ثنائي الشوط – بدرجة كبيرة على قدرة المحرك وعلى الاستهلاك النوعي للوقود. ولقد تم تطوير عدة طرق للكسح بمرور الزمن لم يعد يستعمل منها حاليا إلا طريقة الكسح العكسي.

الكسح بالتيار المستعرض (شكل ١٤٢ – ١) : تعتبر هذه الطريقة أقدم طرق الكسح، وفيها يشكّل رأس الكباس ببروز من جانب واحد (بأنف). وتقع كل من فتحة التوصيل وفتحة العادم في وضعين متقابلين بالأسطوانة. وعند فتح فتحة التوصيل، نجد أن الكباس يقوم بتوجيه الغازات إلى أعلى (شكل ١٤٢ – ١)، فتزيح الشحنة النقية غازات الاحتراق المتبقية في اتجاه فتحة العادم المفتوحة مسبقا. إلا أن توجيه الغازات يقل كلما تحرك الكباس إلى أسفل، وبذلك تتدفق الشحنة النقية في أقصر مسار إلى فتحة العادم (شكل ١٤٢ – ١د). ولم تعد تنتج في الوقت الحاضر محركات ذات كسح بالتيار المستعرض، بسبب تطوير طرق كسح أفضل.



١٤٢ - ١ طريقة عمل المحرك ثنائي الشوط ذي الكسح بالتيار المستعرض.

الكسح العكسي (شكل ١٤٢ - ٢). اخترعت هذه الطريقة بواسطة الدكتور شنورله (Dr. Schnürle). وقد تمت الاستفادة من هذا
الاختراع لزمن طويل في محركات (DKW) فقط. وبعد زوال حق الاختراع، بعد الحرب العالمية الثانية، قام منتجو المحركات ثنائية
الشوط باستعمال هذه الطريقة بصفة عامة، لأنها تمكن من رفع درجة شحن المحرك، إلى جانب استعمال كباسات بسطح قمة مستو.

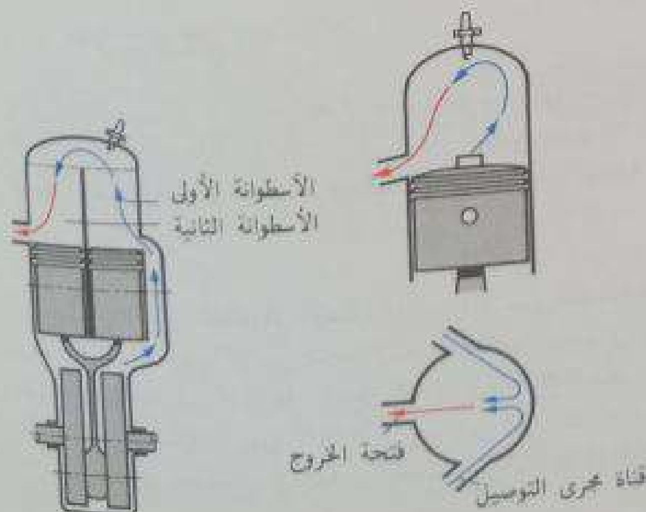
الكسح ذو التدفق في اتجاه واحد (Uniflow Scavenging). تستعمل هذه الطريقة في المحركات مزدوجة الكباسات. فيرتب وضع كل
أسطوانتين بحيث تكونا متجاورتين (شكل ١٤٢ - ٣)، أو خلف بعضها البعض (شكل ١٤٢ - ١). وتشترك الأسطوانتان معا في كل من حيز
الانضغاط وعلبة المرفق.

تتدفق الغازات النقية من خلال قناة مجرى التوصيل إلى الأسطوانة الأولى، ومنها إلى فتحة العادم للأسطوانة الثانية عبر غرفة
الانضغاط. يؤدي هذا التوجيه للغازات إلى رفع جودة درجة الشحن. ولم تنتشر طريقة الكسح ذي التدفق في اتجاه واحد هذه إلا
بدرجة ضئيلة، بسبب ارتفاع تكاليف إنتاج المحرك مزدوج الكباسات.

ومن المعروف أنه في كل طرق الكسح لا توجد إلا سرعة دوران واحدة فقط للمحرك، تستطيع عندها الشحنة النقية الوصول إلى
فتحة العادم، عند لحظة قفلها بواسطة الكباس، لأن سرعة الشحنة في قناة مجرى التوصيل تظل ثابتة عند تغيير سرعة المحرك.
ويلاحظ أن الفتحات تظل مفتوحة لفترة أطول، عند دوران المحرك بسرعات منخفضة، فتصل الشحنة النقية إلى فتحة العادم قبل
أن يغلقها الكباس، وبذلك يتدفق جزء من الشحنة النقية في أنبوب العادم، مما يؤدي إلى سوء درجة الشحن.
ونجد من ناحية أخرى أنه عند سرعات الدوران المرتفعة يكون زمن فتح الفتحات قصيراً جدا، حتى أن الشحنة النقية لا تدرك
فتحة العادم عند غلقها، وبذلك تتخلف بقايا من الغازات المحترقة وتختلط مع الشحنة النقية في الأسطوانة. ومن ثم تسوء درجة
الشحن أيضا في هذه الحالة.

وتبلغ درجة الكسح للمحركات ثنائية الشوط أكبر قيمة لها عند سرعة تبلغ من 2/3 إلى 3/4 من السرعة الكبرى للمحرك. ويجب
تفادي إدارة المحرك عند سرعاته الكبرى لفترة طويلة، بسبب زيادة الاستهلاك النوعي للوقود عند هذه السرعات.
ولما كانت أشواط القدرة في المحرك ثنائي الشوط تعادل ضعف أشواط القدرة في المحرك رباعي الأشواط، عند نفس السرعة، كان من
المفروض أن تتضاعف القدرة عند نفس الحجم الشوطي. إلا أن قدرة المحرك ثنائي الشوط تزيد في الواقع بمقدار 30% إلى 40% فقط عنها

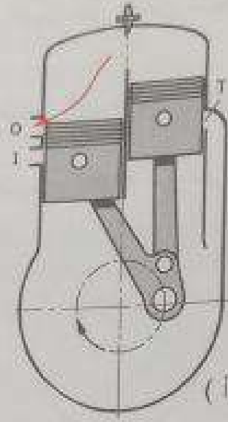
١٤٢ - ٢ الكسح العكسي. تدخل الشحنة النقية إلى الأسطوانة خلال قناتي مجاري توصيل في وضع مماس لمحيط الأسطوانة. وتدخل الغازات خلال هاتين القناتين من أسفل في وضع مائل لتصطدم مع بعضها في وسط الأسطوانة، ثم يتحد اتجاهها وتتجه إلى رأس الأسطوانات، حيث تنحرف نتيجة الشكل الدائري لغرفة الاحتراق لتتجه إلى فتحة العادم، وفي هذه الطريقة تقوم الغازات النقية أيضا بإزاحة غازات الاحتراق المتبقية من فتحة العادم.

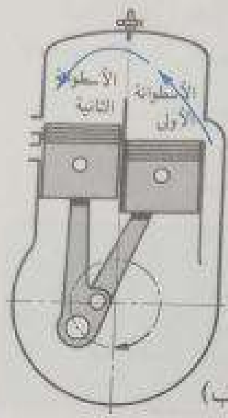


١٤٢ - ٣ الكسح ذو التدفق في اتجاه واحد في أسطوانتين متجاورتين؛ يتصل الكباسان مع عمود المرفق بواسطة ذراع توصيل على شكل شوكة (شعبة). وتتدفق الشحنة النقية من خلال قناة مجرى التوصيل إلى الأسطوانة الأولى ومنها إلى الأسطوانة الثانية متجهة إلى فتحة العادم وتزيح أمامها غازات الاحتراق المتبقية.

١٤٣ - ١ الكسح ذو التدفق في اتجاه واحد في أسطوانتين متتابعتين. يتصل كاس الأسطوانة الثانية بذراع التوصيل الرئيسي، كما يتصل كاس الأسطوانة الأولى بذراع توصيل فرعي. يتساوى وضع (ارتفاع) الكباسين في كل من الأسطوانتين، عند أوضاع النقط الميتة. وعند تحرك إلى أسفل (شكل ١٤٣ - ١أ)، فإن كباس الأسطوانة الثانية يسبق كباس الأسطوانة الأولى، وبذلك تفتح فتحة العادم قبل فتح قناة مجرى التوصيل بواسطة كباس الأسطوانة الأولى.

ومع حركة الكباسين إلى أعلى (شكل ١٤٣ - ١ب) نجد أن كباس الأسطوانة الثانية يسبق كباس الأسطوانة الأولى ليغلق فتحة العادم أولا، مع بقاء قناة مجرى التوصيل مفتوحة لفترة لاحقة، تتدفق أثناءها شحنة نقية إضافية، بفعل قوى القصور الذاتي، وتؤدي إلى تحسين درجة الشحن (الكفاية الحجمية).





I = Inlet O = Outlet T = Transfer Port

المحرك رباعي الأشواط المتساوي معه في الحجم الشوطي. ويرجع ذلك أساسا إلى سوء درجة الشحن للمحرك ثنائي الشوط عنها للمحرك رباعي الأشواط.

٤ - ٤ - ٤ التزييت

تستعمل علبة المرفق للمحرك ثنائي الشوط للتحكم في تغيير الشحنة. ولذلك لا يمكن استعمالها كخزان للزيت. وحيث أن كل الأجزاء المتحركة تقع في علبة المرفق، لذلك يلجأ إلى استعمال التزييت بالخلط. ويستلزم هذا تحميل عمود المرفق على محامل أسيطينات، لأن محامل الانزلاق تبدد الحرارة بشكل غير كاف عند استعمالها.

ويتلقى المحرك خليطا من الزيت مع الوقود، حيث يتبخر الوقود في المحرك، أما الزيت فيتبقى ويزيت الأجزاء المتحركة. ولما كان المحرك البارد يستهلك كمية كبيرة من الوقود، فإن كمية كبيرة من الزيت تدخل المحرك حيث تحترق فيه وتتحول إلى كربون، يترسب على أسطح الكباس وفتحات العادم وأنبوب العادم، مما يؤدي إلى انخفاض قدرة المحرك. ويمكن منع ذلك بالتخلص من الزيت المتفحم في الأوقات المناسبة. وقد يسوء التزييت عند السير في المنحدرات، بسبب قلة استهلاك المحرك للوقود، وبالتالي تقل كمية الزيت الداخلة للمحرك. ويمكن التغلب على ذلك بإعطاء دفعات من الوقود بالإسراع بين الحين والآخر، حتى يغذى المحرك بكمية الزيت المناسبة.

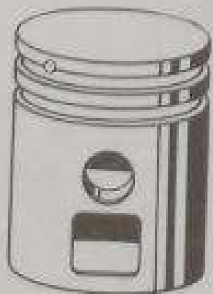
٤ - ٤ - ٥ الخواص التصميمية للمحرك ثنائي الشوط

التحكم: نظرا لأن التحكم في الغازات والشحنة في المحرك ثنائي الشوط، يتم عن طريق الفتحات، فلاتوجد صمامات، وكذلك لا توجد ترتيبة تقوم بتحريكها.

علبة المرفق: من الضروري أن يتكون ضغط منخفض كاف في علبة المرفق عند السحب (حوالي 0,5 bar بار أقل من الضغط الجوي)، وأن يتكون ضغط زائد عند الانضغاط (حوالي 0,3 bar فوق الضغط الجوي)؛ لتحقيق كسح جيد. ولهذا السبب تصمم علبة المرفق بحجم صغير، وبحيث تمنع التسرب. ولتحقيق صغر الحجم، يصنع فخذ عمود المرفق على شكل أقراص. كما يتم إحكام محامل عمود المرفق بواسطة حلقات منع تسرب. وفي حالة تعدد الأسطوانات في المحرك تحكم علبة مرفق كل أسطوانة على حدة.

الأسطوانة: تزود الأسطوانة بالعدد اللازم من الفتحات لعملية الكسح. وفي حالة الكسح العكسي المتبع حاليا، توجد بالأسطوانة فتحتان للتوصيل، وفتحة للعادم وفتحة للدخول.

الكباس: يكون رأس الكباس محدبا تحدبا طفيفا. ويوجد بالكباس فتحات تستعمل للتحكم في الغازات. تثبت حلقات الكباس في مجاريها بواسطة مسامير لتمنع دورانها، ويتم هذا بطريقة تمنع وصلات حلقات الكباس من الانزلاق فوق فتحات الأسطوانة. يزود مسمار (بنز) الكباس بحاجز، إما في منتصفه أو في نهايته، لمنع تسرب الغازات من خلال الفتحات (شكل ١٤٣ - ٢).



١٤٣ - ٢ كباس بجذع كامل لمحرك ثنائي الشوط ذي فتحة ومسمار إحكام لمنع دوران حلقة الكباس.

عمود المرفق: يجزأ عمود المرفق ليمكن تحميله على محامل أسطوانات. وتستعمل أيضا محامل أسطوانات لتحميل النهاية الكبرى لذراع التوصيل التي لا تكون مجزأة.

التزييت: يستغنى هنا عن كل من مضخة الزيت ومرشح الزيت وقنوات الزيت. كما أنه لا حاجة هنا إلى حوض الزيت.

٤ - ٤ - ٦ مميزات وعيوب المحرك ثنائي الشوط، بالمقارنة مع المحرك رباعي الأشواط.

المميزات	العيوب
تصميم مبسط، وزن قليل، رخيص، دوران هادئ لنفس عدد الأسطوانات، الأجزاء المتحركة قليلة، تكاليف إصلاح قليلة، قدرة كبيرة لنفس الحجم الشوطي، قدرة أكبر على التسارع.	استهلاك نوعي أكبر للوقود وعلى الأخص عند السرعات المنخفضة والسرعات العالية جدا. استهلاك زيت أكبر، تكوين رائحة غير مقبولة، قدرة قليلة على الكبح عند السير في المنحدرات، تحميل حراري عال للمحرك، تحتوي غازات العادم على مكونات ضارة كثيرة.

الملخص:

- يتم التحكم في الغازات في المحركات ثنائية الشوط عن طريق الفتحات.
- تتم دورة شغل في المحرك ثنائي الشوط في كل دورة عمود مرفق.
- تسحب الشحنة النقية إلى علبة المرفق حيث تنضغط مبدئيا، ثم تتدفق بضغط زائد إلى داخل الأسطوانة. وعند دخولها الأسطوانة تحرف اتجاهها إلى أعلى، لتزيح أمامها غازات العادم المتبقية وتخرجها من فتحة العادم.
- تقع كل من فتحتي الدخول والعادم في وضع متقابل في أسطوانة المحرك ذي الكسح بالتيار المستعرض.
- يتصف الكسح العكسي بدخول الشحنة النقية من فتحة التوصيل بمانة الأسطوانة، ثم يعتدل اتجاهها نتيجة تصادمها مع بعضها، وتزيح غازات العادم المتبقية - في اتجاه مضاد - إلى فتحة العادم.
- في حالة الكسح ذي التدفق في اتجاه واحد تدخل الشحنة النقية إلى الأسطوانة الأولى وتزيح أمامها غازات العادم المتبقية إلى فتحة العادم للأسطوانة الثانية.
- يزيت المحرك ثنائي الشوط بتزييت خلط، حيث يخلط الزيت بالوقود بنسبة معينة، ولتحقيق تزييت الخلط، يلزم استعمال محامل أسطوانات لتحميل عمود المرفق، وبالتالي يكون عمود المرفق مقسما.
- تكون علبة المرفق صغيرة ومحكمة.
- تزود الأسطوانة بفتحات للتحكم في دخول وخروج الغازات.
- تزود الكباسات بفتحات.
- يتم إحكام حلقات الكباس ضد دورانها. ويزود مسمار (بنز) الكباس المجوف بحاجز.
- يمتاز المحرك ثنائي الشوط عن المحرك رباعي الأشواط ببساطة تصميمه ورخصه وخفة وزنه، ويكون دوران المحرك أكثر هدوءا، وأجزائه المتحركة أقل عدداً، وتكاليف إصلاحه أقل. كما تميز بقدرة أكبر على التسارع، ويولد قدرة أكبر لنفس الحجم الشوطي
- عيوب المحرك ثنائي الشوط بالنسبة للمحرك رباعي الأشواط هي: ارتفاع استهلاكه النوعي للوقود والزيت، والرائحة غير المقبولة لعادمه، وقلة قدرته على الكبح عند السير في المنحدرات، وكذلك التحميل الحراري العالي للمحرك.

أسئلة:

١ - إشرح طريقة عمل المحرك ثنائي الشوط.
٢ - صف عملية الكسح بالتيار المستعرض، والكسح العكسي، والكسح ذي التدفق في اتجاه واحد.
٣ - لماذا تسوء درجة الشحن في المحرك ثنائي الشوط عند السرعات المنخفضة والعالية جدا؟
٤ - لماذا تزيت المحركات ثنائية الشوط بتزييت خلط؟
٥ - ما هي مميزات وعيوب المحرك ثنائي الشوط عن المحرك رباعي الأشواط؟

٤ - ٥ محرك ديزل

سجل المهندس رودولف ديزل اختراع محرك الديزل - الذي سمي فيما بعد بإسمه - عام ١٨٩٢. ولقد طور التصميم الأول - منذ هذا التاريخ حتى الآن - إلى نوع المحركات المعروفة حاليا بمحركات ديزل.
وتمتاز محركات ديزل بما يلي:

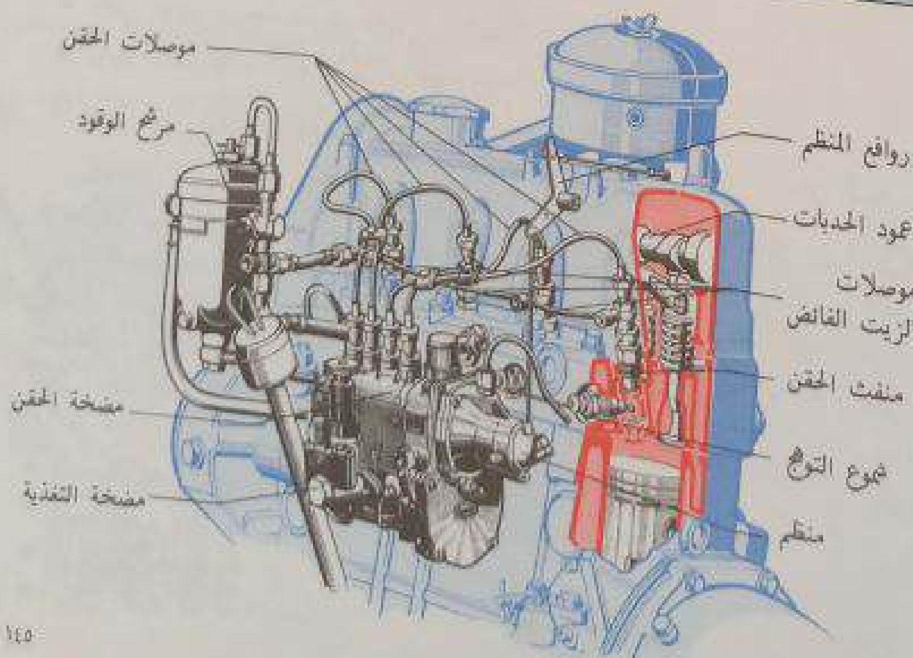
- كفاية عالية، إذ إن استهلاك محرك ديزل للوقود أقل نسبيا.
- توليد عزم دوران كبير عند السرعات المنخفضة.
- غازات عادمه أقل ضررا بالصحة عن محرك أوتو.

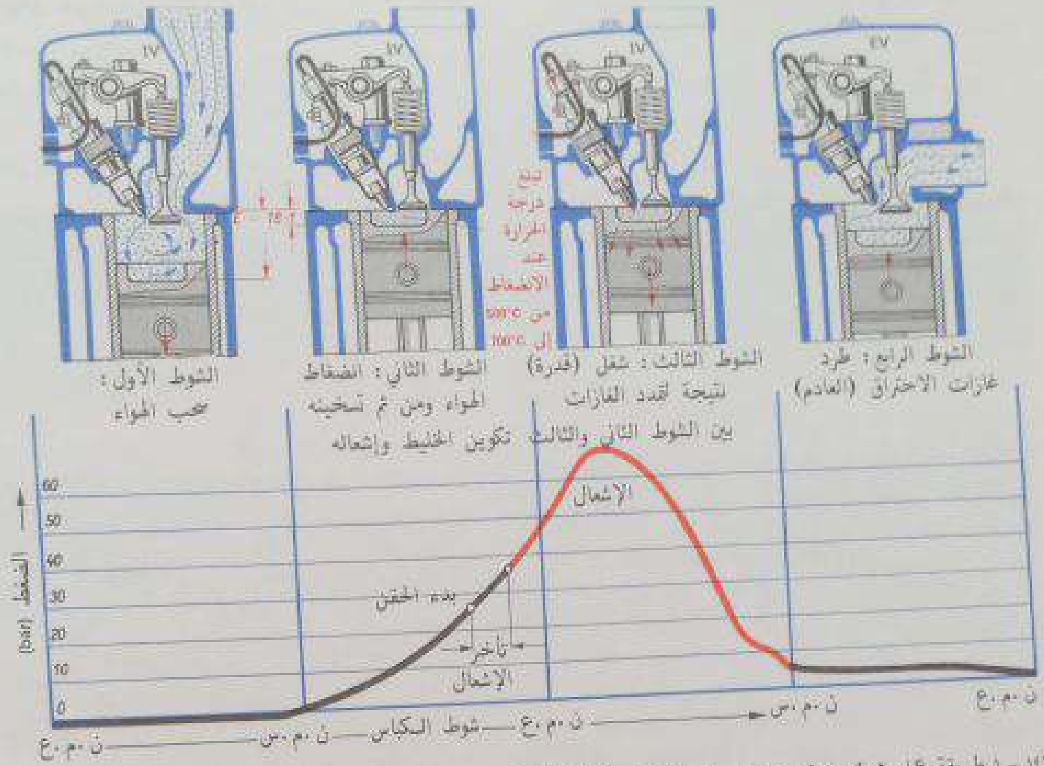
٤-٥-١ تركيب محرك ديزل

يتشابه تركيب محرك ديزل مع تركيب محرك أوتو. إلا أن محركات ديزل ليس بها مكربن ولا دورة إشعال، ولكنها مزودة بمجموعة حقن (شكل ١٤٥ – ١). وتصمم كل الأجزاء لكي تكون قوية الاحتمال بسبب الضغوط العالية التي تتعرض لها. ويمكن لمحركات ديزل أن تعمل تبعا لدورة ثنائية أو رباعية الأشواط، وتستعمل غالبا في المركبات الآلية محركات رباعية الأشواط.

مقارنة بين محرك أوتو ومحرك ديزل

	محرك أوتو	محرك ديزل
المخترع	نيقولا أوتو ١٨٧٦	رودولف ديزل ١٨٩٢ (براءة اختراع)
الاستهلاك النوعي للوقود	من 290 g/kWh إلى 390 g/kWh	من 200 g/kWh إلى 270 g/kWh
الكفاية	24%	32%
الفقد في التبريد	33%	32%
الفقد في غازات العادم والإشعاع	36%	29%
الفقد في الاحتكاك	7%	7%
نسبة الانضغاط	من 1 : 6 إلى 1 : 9	من 1 : 14 إلى 1 : 24
ضغط نهاية الانضغاط	من 8 bar إلى 15 bar	من 30 bar إلى 55 bar
درجة حرارة نهاية الانضغاط	من 400°C إلى 600°C	من 700°C إلى 900°C
أكبر ضغط احتراق	من 30 bar إلى 40 bar	من 60 bar إلى 80 bar
درجة حرارة غازات العادم (حمل كامل)	من 700°C إلى 1000°C	من 500°C إلى 600°C
عزم الدوران عند السرعات المنخفضة	صغير	كبير
سرعة الدوران	من 3500 r.p.m. إلى 7000 r.p.m.	من 2000 r.p.m. إلى 3500 r.p.m.
الوزن النوعي منسوبا للقدرة	من 4 kg/kW إلى 8 kg/kW	من 8 kg/kW إلى 13,5 kg/kW
تكوين الخليط	خارج الأسطوانة (تكوين خليط خارجي)	داخل الأسطوانة (تكوين خليط داخلي)
نوع السحب	خليط وقود وهواء	هواء
الإشعال	بمساعد إشعال خارجي	إشعال ذاتي
عناصر التركيب	مكربن وتجهيزة إشعال	مضخة حقن ومنفث وقود ومرشح وقود
الوقود	بنزين أو كحول أو غاز	زيت الديزل (سولار)
الخواص الواجب توافرها في الوقود	مقاوم للدق، رقم أوكتيني عال	قابلية جيدة للاشتعال، رقم سيتيني عال
نسبة أول أكسيد الكربون السام في غازات العادم	من 2% إلى 4,5% عند سرعة اللاحمل	حتى 0,065% عند سرعة اللاحمل
	من 2% إلى 5% عند الحمل الكامل	حتى 0,2% عند الحمل الكامل
نقطة الوميض للوقود	أقل قليلا من 25°C	فوق 55°C
	درجة خطورة I	درجة خطورة III
خطر الحريق	كبير	قليل





١٤٦ - ١ طريقة عمل محرك ديزل ومنحنى تغير الضغط في الأسطوانة

٤ - ٥ - ٢ طريقة عمل محرك ديزل رباعي الأشواط

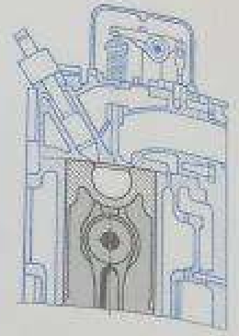
	شوط السحب	شوط الانضغاط	شوط القدرة	شوط العادم
حركة الكباس	من النقطة الميتة العليا (ن.م.ع) إلى النقطة الميتة السفلى (ن.م.س)	من ن.م.س إلى ن.م.ع	من ن.م.ع إلى ن.م.س	من ن.م.س إلى ن.م.ع
وضع الصمامات	صمام الدخول مفتوح	الصمامان مغلقان	الصمامان مغلقان	صمام الخروج مفتوح
العملية الحادثة داخل الأسطوانة	سحب الهواء في الأسطوانة نتيجة انخفاض الضغط.	ينضغط الهواء بنسبة تتراوح بين (1 : 14) و (1 : 24)، مما ينتج عنه ارتفاع الضغط إلى نحو 30 bar إلى 55 bar، وارتفاع درجة الحرارة حتى حوالي 700°C إلى 900°C.	يحقن الوقود قبيل ن.م.ع ويشتعل الخليط نتيجة ارتفاع درجة الحرارة في الأسطوانة، ويرتفع الضغط حتى نحو 60 bar إلى 80 bar.	يزيح الكباس غازات العادم من الأسطوانة، وتبلغ درجة حرارة غازات العادم حوالي 500 °C إلى 600°C.

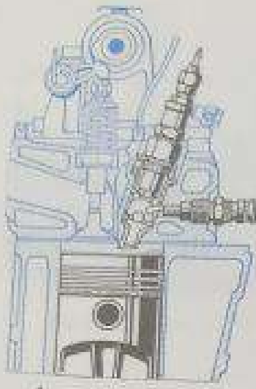
تأخر الإشعال: يتم الاحتراق بكفاية عالية عند تحقق ما يلي:

- حقن الوقود بدرجة تذرية عالية في الأسطوانة.
- توزيع جيد للوقود أثناء الحقن في غرفة الاحتراق (شكل رذاذ).
- خلط جيد لجزيئات الوقود المذراة مع الهواء اللازم للاحتراق، بحيث تتبخر تماما في اللحظة الصحيحة.

ولما كان تحضير خليط الوقود يتطلب زمنا معينا، فإن اشتعاله يتم فقط عندما يتوفر خليط الهواء والوقود، ويكون جاهزا وقابلا للاحتراق. ويسمى الزمن بين بدء الحقن وبدء الاشتعال الذاتي بفترة تأخر الإشعال Ignition Lag. وهي تبلغ حوالي 1/1000 s. ويحترق الوقود المحقون خلال هذا الزمن، بعد حدوث الإشعال لحظيا، ويؤدي ذلك إلى ارتفاع الضغط ودرجة الحرارة بشكل لحظي. أما الوقود المحقون بعد بدء الاشتعال، فيشتعل فورا بدون فترة تأخر إشعال، ويجب أن يبدأ الحقن قبل النقطة الميتة العليا، بحيث يصل الضغط بالأسطوانة إلى أكبر قيمة له بعد مغادرة الكباس للنقطة الميتة العليا بقليل. وعند زيادة فترة تأخر الإشعال إلى 2/1000 s على سبيل المثال، فإن كمية الوقود المتجمعة حتى بداية الإشعال تكون كبيرة، هذه التي تحترق بصورة فجائية وصدمية، ويرتفع الضغط الأقصى بدرجة كبيرة، وتسمى الضوضاء الناشئة بالطرق، وهو يقابل الدق في محركات أوتو. وتطول فترة تأخر الإشعال للأسباب التالية:

- استخدام وقود بطيء في الإشعال الذاتي.
- برودة المحرك.
- تكوين خليط رديء.
- دوران المحرك بسرعة اللاحمل.





١٤٧ - ١ الحقن المباشر
التركيب: يقع حيز الانضغاط (غرفة الاحتراق) فوق رأس الكباس أو كتجويف في سطح قمة الكباس.
تكوين الخليط: يحقن الوقود مباشرة في غرفة الاحتراق. ويكون حقن الوقود تحت ضغط عال من منفث متعدد الثقوب، حيث ينتج عن هذا تذرية وتوزيع دقيقان للوقود. ويساعد تشكيل قمة سطح الكباس ووضع فتحة دخول الشحنة - الذي يعمل على تدويم الهواء في غرفة الاحتراق - على خلط الوقود بالهواء.
الخواص: ضغط حقن عال (من 150 bar إلى 300 bar). لا يحتاج إلى مساعدة لبدء التشغيل (مثل شمعة توهج)، استهلاك نوعي منخفض للوقود. دوران عنيف للمحرك، نتيجة الاحتراق الفجائي.

١٤٧ - ٢ طريقة غرفة الاحتراق المتقدم.
التركيب: حيز الانضغاط مقسم. وتشكل غرفة الاحتراق المتقدم غير المبردة جزءاً من رأس الأسطوانات يعادل من ثلث إلى ثلثي حجم حيز الانضغاط. وتتصل غرفة الاحتراق هذه بباقي حيز الانضغاط، بواسطة فتحات على شكل أبواق.
تكوين الخليط: يحقن الوقود في الهواء المضغوط بغرفة الاحتراق المتقدم، من خلال منفث محوري، حيث يحترق جزئيا فقط، بسبب عدم كفاية الأكسيجين. ويتسبب ارتفاع الضغط الناشئ من الاحتراق في تدفق الوقود غير المحترق إلى الأسطوانة، حيث يختلط فيها جيدا بالهواء المتبقي ويحترق تماما.
الخواص: ضغط حقن منخفض (من 100 bar إلى 125 bar)، احتراق سلس (هادئ)، يحتاج لوسائل مساعدة لبدء التشغيل، استهلاك نوعي مرتفع للوقود.

٤ - ٥ - ٣ طرق تكوين خليط الوقود

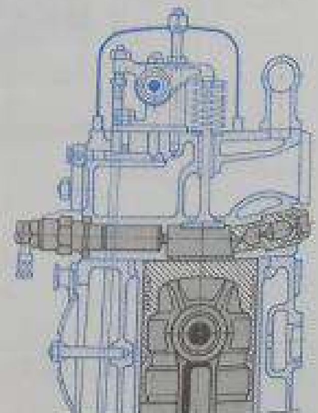
يتاح زمن قصير لاختلاط الوقود بالهواء في محرك ديزل، الذي يحدث في الفترة الزمنية الواقعة بين شوط الانضغاط وشوط القدرة. ولذلك فقد طورت عدة طرق مختلفة لخلط لكي يتحقق خليط جيد، وفي نفس الوقت احتراق تدريجي هادئ. ويمكن في هذا الشأن تقسيم الحقن إلى حقن مباشر (شكل ١٤٧ - ١)، وطريقة غرفة الاحتراق المتقدم (شكل ١٤٧ - ٢)، وطريقة غرفة الاحتراق الدوامية (شكل ١٤٧ - ٣). كما توجد صورة أخرى من الحقن المباشر، وهي طريقة غرفة الاحتراق الكروية المركزية (M-Method) (شكل ١٤٨ - ١). وفي هذه الطريقة لا يتولد الخليط نتيجة التذرية، وإنما نتيجة لتبخيره على جدران سطح غرفة الاحتراق الكروي.

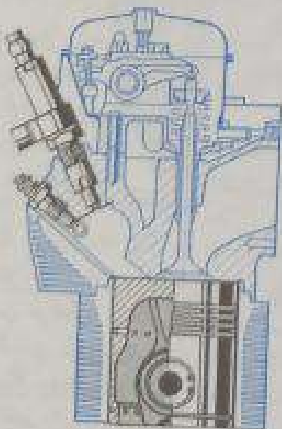
٤ - ٥ - ٤ معدات الحقن

تعمل معدات الحقن على حقن الوقود في الهواء المضغوط بالأسطوانة. ويجب أن يتم الحقن كما يلي:

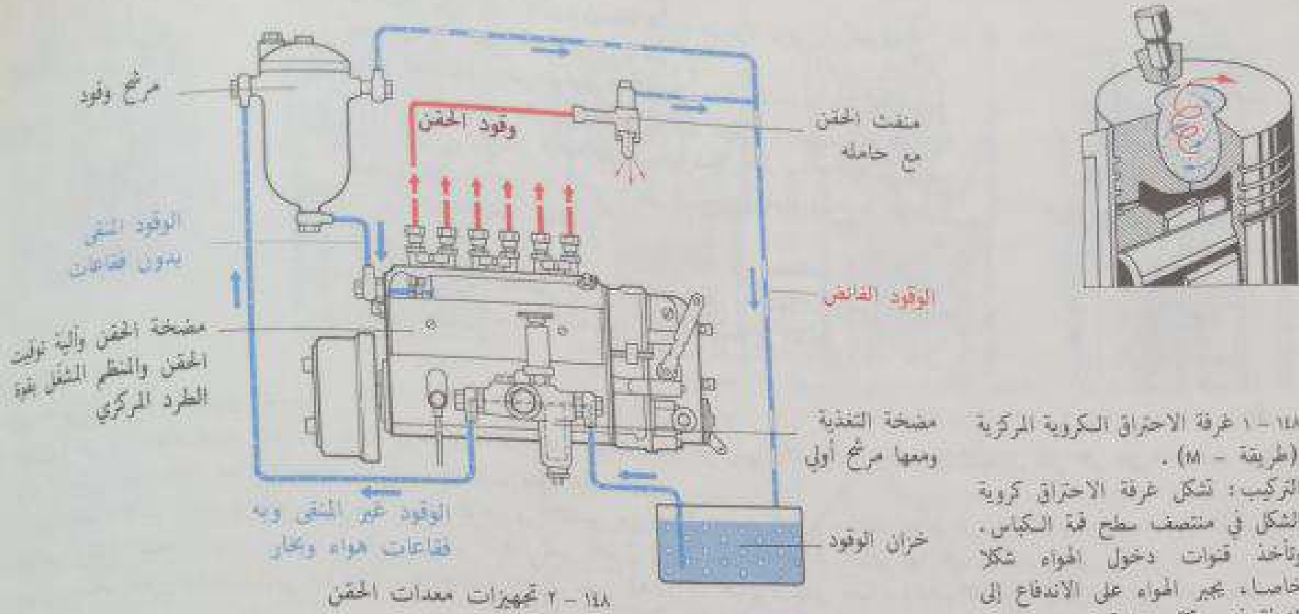
- في اللحظة الصحيحة (لحظة متغيرة - متوقفة على السرعة).
- بالتقنين الصحيح (كمية متغيرة - متوقفة على الحمل).

١٤٧ - ٣ طريقة غرفة الاحتراق الدوامية.
التركيب: تكون الغرفة الدوامة كروية الشكل وتشغل الجزء الأكبر من حيز الانضغاط، وتقع في موقع غير مبرد في رأس الأسطوانات، وتتصل هذه الغرفة بباقي حيز الانضغاط، بواسطة قناة يزداد اتساعها في اتجاه الأسطوانة، لتصب مماسة لجدران الأسطوانة.
تكوين الخليط: يعمل شكل الغرفة الدوامية على إجبار الهواء على الدوران بها أثناء الانضغاط. ومن ثم تنشأ عنه دوامة تعمل على تجزئة دقيقة للوقود المحقون وخلطه مع الهواء. وتساعد درجة حرارة جدران الغرفة المرتفعة على تبخر الوقود.
الخواص: ضغط حقن منخفض (من 100 bar إلى 125 bar)، احتراق سلس، تحتاج لوسائل مساعدة عند بدء التشغيل، استهلاك نوعي مرتفع للوقود.





١٤٧ - ٤ طريقة غرفة الاحتراق ذات الخلية الهوائية (طريقة قديمة بطل استعمالها).
التركيب: يقسم حيز الخلوص إلى غرفة رئيسية وخلية طاقة (خلية هوائية). وتقع الغرفة (حيز الانضغاط) الرئيسية أسفل صمام العادم، حيث يصب فيها كل من منفث الوقود (الرشاش)، وفوهة خلية الطاقة. وتقع هاتان الفتحتان في وضع متقابل.
تكوين الخليط: يدخل جزء من الوقود الذي يحقن في نهاية شوط الانضغاط مع الهواء إلى خلية الطاقة في أثناء شوط الانضغاط، حيث يحترق فيها مسببا ارتفاعا كبيرا في الضغط. فتندفع الغازات المحترقة داخل الأسطوانة، نتيجة للضغط العالي بخلية الطاقة، وتؤدي إلى إثارة الوقود المتبقي مع الهواء.
الخواص: ضغط حقن وقود منخفض (من 80 bar إلى 120 bar)، احتراق سلس.



١٤٨ – ١ غرفة الاحتراق الكروية المركزية (طريقة – M).

التركيب: تشكل غرفة الاحتراق كروية الشكل في منتصف سطح قمة الكباس. وتأخذ قنوات دخول الهواء شكلا خاصا، يجبر الهواء على الاندفاع إلى الغرفة في حركة دورانية.

١٤٨ – ٢ تجهيزات معدات الحقن

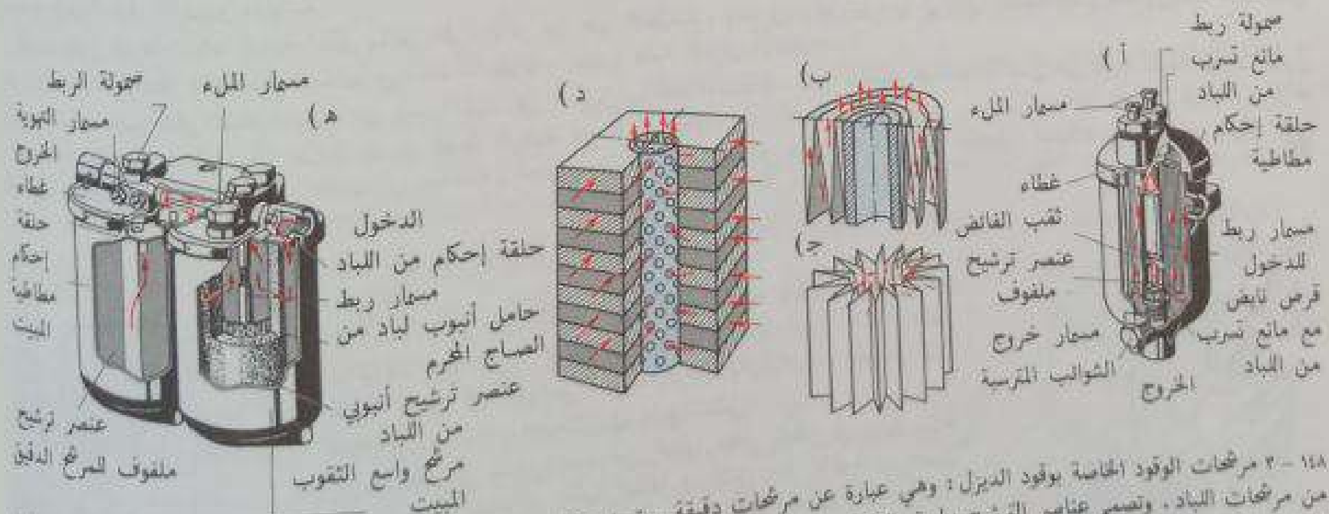
تكوين الخليط: يحقن الوقود على جدران غرفة الاحتراق كروية الشكل، حيث يتكون غشاء وقود على سطح غرفة الاحتراق. ويتبخر الوقود طبقة تلو الأخرى. يختلط الوقود المتبخر مع الهواء الدائر في الحيز الكروي ويحترق الخليط. ويحتفظ الوقود المحترق أيضا، بحركة الهواء الدورانية.

الخواص: يصل ضغط الحقن إلى 175 bar فوق الضغط الجوي، احتراق سلس – استهلاك نوعي منخفض للوقود.

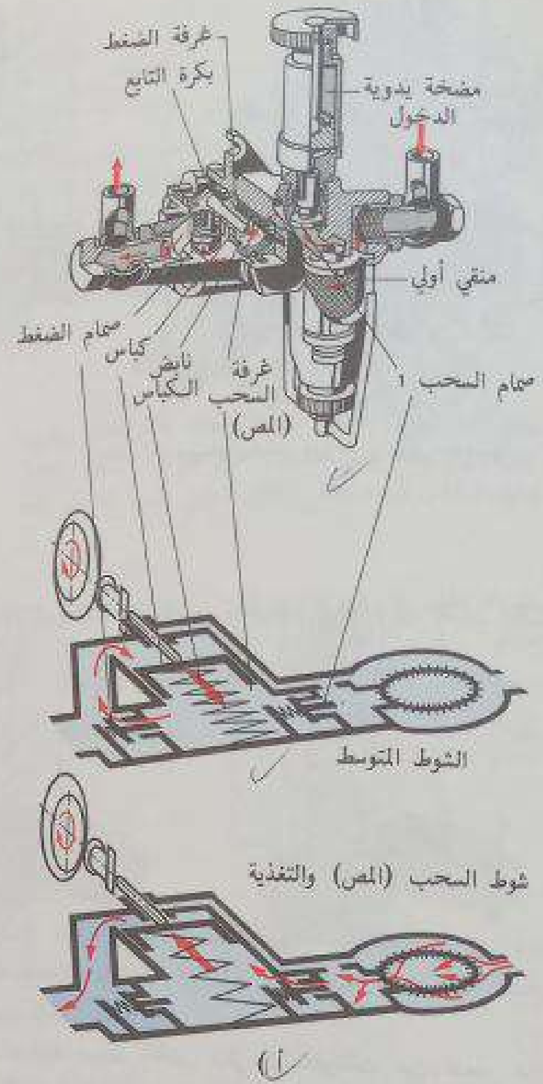
- بالضغط المطلوب (يتوقف الضغط على طريقة تكوين الخليط).
- بتذرية كافية.

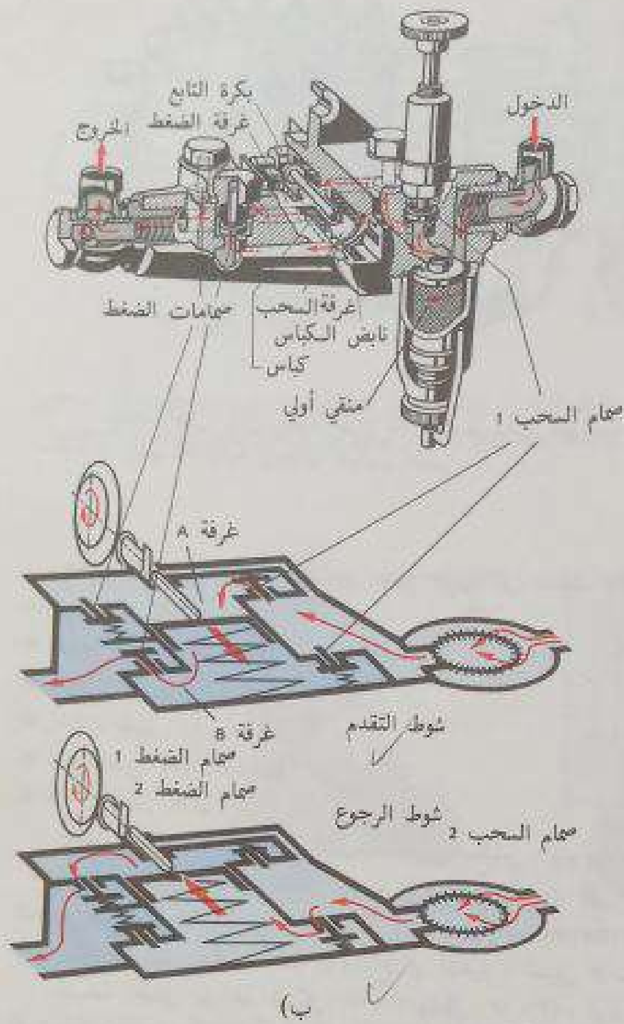
تتكون معدات الحقن (شكل ١٤٨ – ٢) من الأجزاء التالية:

- مضخة تغذية الوقود بمرشح أولي.
- مرشح الوقود.
- مضخة الحقن مع منظم وآلية توقيت حقن.
- منافث الحقن والرشاشات بحواملها.
- أنابيب الوقود.



١٤٨ – ٣ مرشحات الوقود الخاصة بوقود الديزل؛ وهي عبارة عن مرشحات دقيقة. وتصنع عناصر الترشيح بها من اللباد أو الورق. وتعتبر المرشحات الورقية أدق من مرشحات اللباد. وتصمم عناصر الترشيح بطرق مختلفة. فيصنع المرشح الورقي كمرشح ذي شكل ملتف (ب) أو كمرشح مطوي بشكل نجمي (ج). أما المرشح اللبادي فيكون ذو شكل أنبوبي (هـ) أو كمرشح رقائقي (د) كما يمكن التفريق بين ما يلي: مرشح بسيط (مرشح بوش ذو عنصر ترشيح ملفوف أ)، ومرشح متدرج (مرشح بوش ذو عنصر ترشيح أنبوبي من اللباد وعنصر ترشيح ملفوف هـ)، وعند تبديل عنصر الترشيح، يجب تصريف الشوائب المترسبة أولا بفتح مسمار التهوية.





١٤٩ - ١

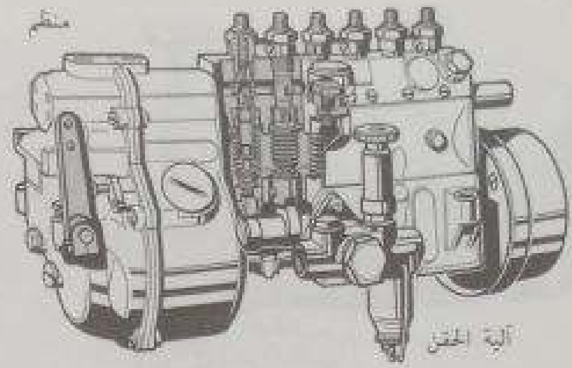
أ) مضخة الوقود مفردة التأثير (الفعل). الشوط المتوسط: يحرك إكسنتريك عمود الحدبات (الكامات) تابع الحدبة (الكامة) وساق الغماز، وبالتالي الكباس إلى أسفل، في حين يكون نابض الكباس مضغوطا. وأثناء تحرك الكباس يضغط الوقود من خلال صمام الضغط المفتوح من غرفة السحب إلى غرفة الضغط. وفي هذا الحين يتساوي الضغط في كلا الغرفتين. ويكون صمام السحب مغلقا. شوط السحب وشوط التغذية: يتحرك الإكسنتريك إلى أعلى فيضغط النابض الكباس ليعيده إلى وضعه الأول وبذلك يضخ الوقود من غرفة الضغط إلى أنبوب التغذية، ويكون صمام الضغط حينئذ مغلقا. وينشأ في نفس الوقت ضغط منخفض في غرفة السحب، حيث يفتح صمام السحب ويسحب الوقود.

ب) مضخة الوقود مزدوجة التأثير (الفعل). شوط التقدم: يحرك إكسنتريك عمود الحدبات تابع الحدبة وساق الغماز، وبالتالي الكباس إلى أسفل، في حين تضغط نابض الكباس. ويتولى الكباس ضغط الوقود من الغرفة B إلى أنبوب التغذية من خلال صمام الضغط 1، حينئذ يتكون ضغط منخفض في الغرفة A يتسبب عنه سحب وقود من خلال صمام السحب 1. شوط الرجوع: يتحرك الإكسنتريك إلى الخلف. فيعيد النابض الكباس إلى وضعه الأول. حينئذ يضغط الكباس الوقود من الغرفة A إلى أنبوب التغذية من خلال صمام الضغط 2، ويتكون في هذه اللحظة ضغط منخفض في الغرفة B، ويسحب وقود من خلال صمام السحب 2.

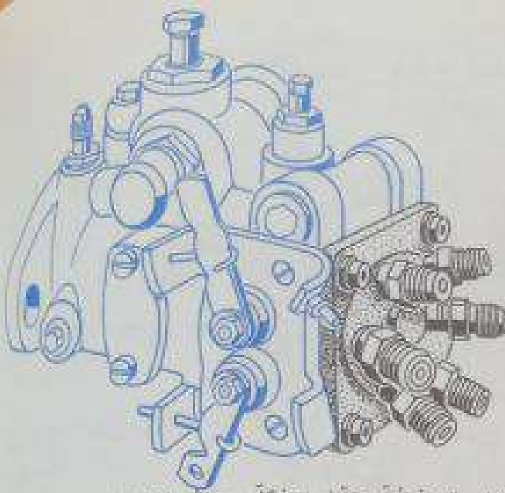
مضخة تغذية الوقود (شكل ١٤٩ - ١): تسحب هذه المضخة الوقود من الخزان وتضخه إلى مضخة الحقن بضغط زائد يتراوح من 1 bar إلى 1,5 bar. وهي تعمل على نمط المضخة ذات الكباس، وتستمد حركتها من عمود حدبات مضخة الحقن. ويركب مرشح أولي في أنبوب السحب (المص)، لمنع مرور الشوائب الغليظة. وغالبا ما يمكن إدارة مضخة تغذية الوقود يدويا، أثناء توقف المحرك، للتخلص من الهواء الموجود بمجموعة الحقن.

مرشح الوقود (شكل ١٤٨ - ٢): يقع هذا المرشح في أنبوب الضغط بين مضخة التغذية ومضخة الحقن. وهو مصنوع بدقة كبيرة وحساس ضد الجسيمات الغريبة، حتى ولو بلغت من الصغر مقدار ميكرومتر واحد. ويجب أن يمنع مرشح الوقود كل الشوائب التي قد تؤدي إلى إحداث عطل في مضخة حقن الوقود. وفي غالب الأحيان تستعمل مرشحات بعناصر ترشيح قابلة للاستبدال، تغير بعد السير لمسافة تبلغ حوالي 20 000 km.

يولد صمام الفائض ضغطا خلفيا يؤدي إلى مساواة دائمة للضغط في حيز سحب مضخة الحقن. ويعود الوقود الزائد راجعا خلال صمام الفائض وأنبوب الرجوع إلى الخزان.



١٥٠ - ١ مضخة حقن بوش (Bosch) طراز Pe، خاصة بمحرك ذي ست أسطوانات بمنظم RQ وآلية أوتوماتية لتوقيت الحقن.



١٥٠ - ٢ مضخة حقن موزعة - بوش (Bosch).

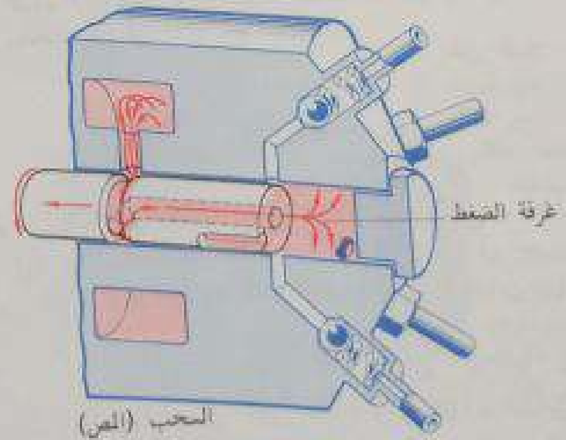
مضخة الحقن: تضغط مضخة الحقن الوقود إلى منافث الحقن ومنها إلى غرفة الاحتراق بالمحرك. ويجب أن تصمم المضخة لتحقق ما يلي:

- توليد ضغط حقن عال بدرجة كافية.
- السماح بتغيير كمية الوقود المحقون.
- إمكان تغيير توقيت الحقن.
- ضخ نفس كمية الوقود في كل أسطوانة.
- إنهاء الحقن فجائيا.

وتعمل مضخة الحقن مثل المضخة ذات الكباس، وتوجد منها تصميمات متعددة.

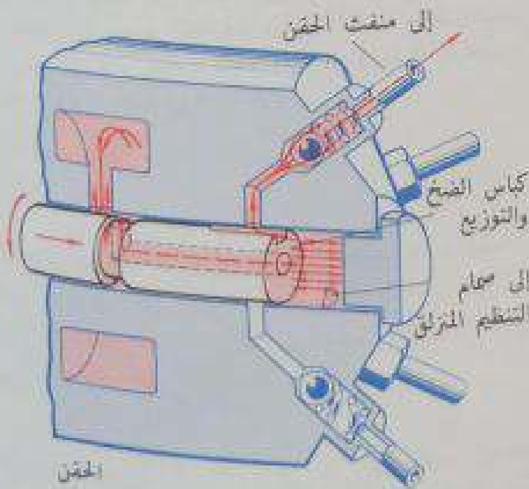
مضخة الحقن المتتالي (شكل ١٥٠ - ١): وهي تحتوي على عنصر ضخ مستقل لكل أسطوانة من أسطوانات المحرك. ويتكون هذا العنصر من أسطوانة وكباس، بخلوص تركيب يتراوح بين 2/1000 mm و 3/1000 mm. ويتجز الازواج بدقة عالية، بحيث لا يحتاج الكباس لأي مانع تسرب. ويجب عند الإصلاح أو التغيير، تبديل الأسطوانة والكباس معا.

مضخة الحقن الموزعة (شكل ١٥٠ - ٢ وشكل ١٥٠ - ٣): تولد هذه المضخة ضغط الحقن لكل الأسطوانات من عنصر ضخ واحد. ويوزع كباس المضخة الوقود في نفس الوقت على أنابيب منفصلة، تؤدي إلى منافث الحقن. يدور الكباس حول محوره، في نفس الوقت الذي يتحرك فيه في الاتجاه الطولي. وتسمى هذه الحركة بالحركة التذبذبية لكباس المضخة. ويوجد صمام ضغط خاص في كل أنبوب حقن. ويمكن مقارنة مضخة الحقن الموزعة بمجموعة الإشعال بمحرك أوتو، التي تتولد بها الشرارة لشموع الإشعال، بواسطة ملف إشعال واحد.

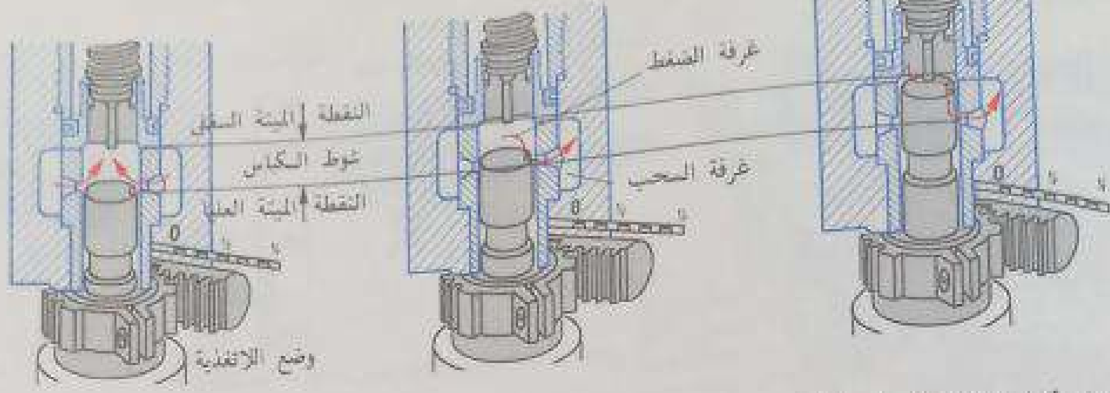


١٥٠ - ٣ رسم تخطيطي لنظرية عمل مضخة حقن موزعة طراز بوش (Bosch).

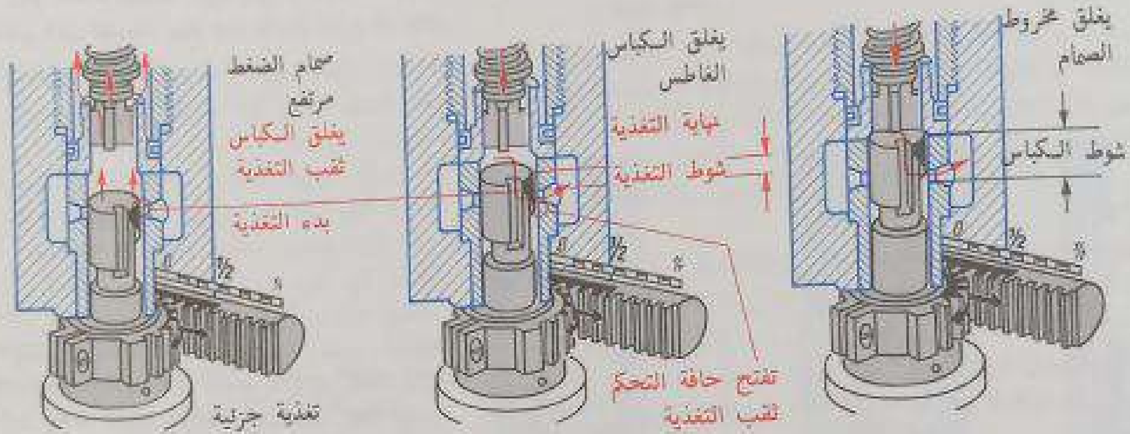
عند السحب: يتحرك الكباس إلى النقطة الميتة السفلى، فيتدفق الوقود من غرفة السحب خلال مجرى التغذية والحز الحلقي والثقب المحوري متوجها إلى غرفة الضغط. وفي نفس الوقت يدور الكباس.



عند الحقن: يتحرك الكباس إلى النقطة الميتة العليا، ويحجز على قناة التغذية، يضغط الوقود عبر حز التوزيع إلى أنبوب الحقن ومنه إلى منفث الحقن. ينتهي شوط التغذية بواسطة صمام التنظيم المنزلق الذي يفصل أو يوصل بين غرفتي الضغط والسحب.



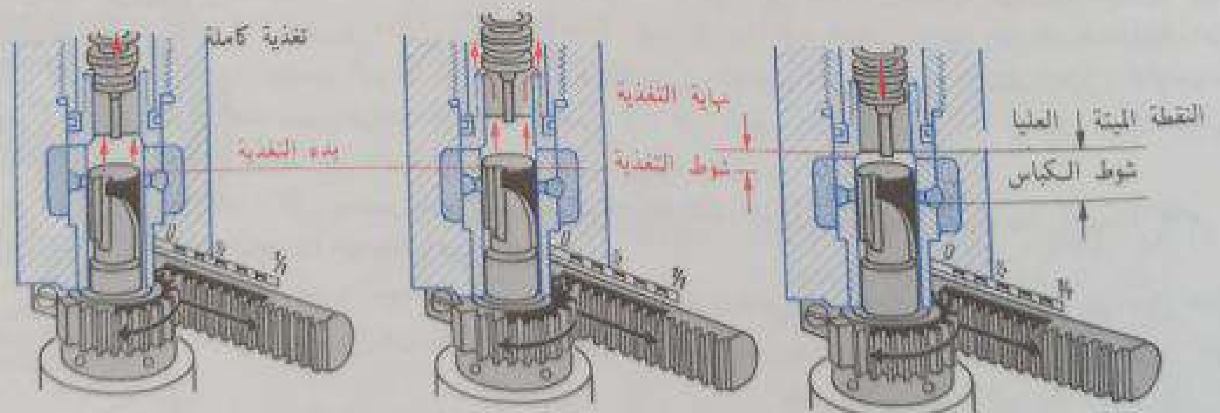
١٥١ - ١ يتم تنظيم كمية الوقود المحقون بواسطة حافة تحكم مائلة ومجرى طولي وثقب تغذية . وفي حالة عدم التغذية : تقوم جريدة التنظيم وجلبة التنظيم معا بإدارة الكباس بحيث يغطي المجرى الطولي ثقب التغذية أثناء شوط الكباس بأكمله ، فتظل غرفة الضغط على اتصال بغرفة السحب . وبذلك يعيد الكباس ضخ الوقود من غرفة الضغط إلى غرفة السحب .



١٥١ - ٢ حالة التغذية الجزئية : يتم في هذه الحالة دوران الكباس ، حيث لم يعد المجرى الطولي يغطي ثقب التغذية . وعندما يتحرك الكباس إلى أعلى ، يبدأ ضخ الوقود خلال صمام الضغط في الأنبوب ، بمجرد تغطية ثقب التغذية بواسطة حافة التحكم بالكباس . ويستمر شوط التغذية إلى أن يفتح ثقب التغذية بواسطة حافة التحكم المائلة . وبذلك تتصل غرفة الضغط بغرفة السحب . ويواصل الكباس حركته إلى النقطة الميتة العليا ، دون أن يغذي أي وقود في الأنبوب .

ولما كانت هذه المضخة تحتوي على عنصر ضخ واحد فقط ، فإنها تكون أقل وزنا وحجما من مضخة الحقن المتتالي . وتضبط كمية الوقود المحقون في هذه المضخة بواسطة جريدة التنظيم (شكل ١٥١ - ١ وشكل ١٥١ - ٢ وشكل ١٥١ - ٣) . ويقوم مصد جريدة التنظيم بمنع زيادة كمية الوقود المحقون عن حد معين .

ويستعمل مصد ثابت في المحركات التي يمكن بدء تشغيلها بكمية الوقود العادية (شكل ١٥٢ - ١ أ) . ولما كانت بعض المحركات تحتاج إلى كمية وقود أكبر عند بدء تشغيلها ، من تلك التي تحتاج إليها عند الحمل الكامل ، فإنه يوجد بجانب ذلك جريدة تنظيم ذات مصد ، قابل للضبط ميكانيكيا (شكل ١٥٢ - ١ ب) أو ذات مصد يضبط تلقائيا (شكل ١٥٢ - ١ جـ) .



١٥١ - ٣ حالة التغذية الكاملة : يتم في هذه الحالة دوران الكباس إلى المدى الذي يتيح لحافة التحكم المائلة أن تغلق ثقب التغذية أثناء شوط الكباس بأكمله . وبذلك تنطبق نقطة نهاية التغذية مع النقطة الميتة العليا .

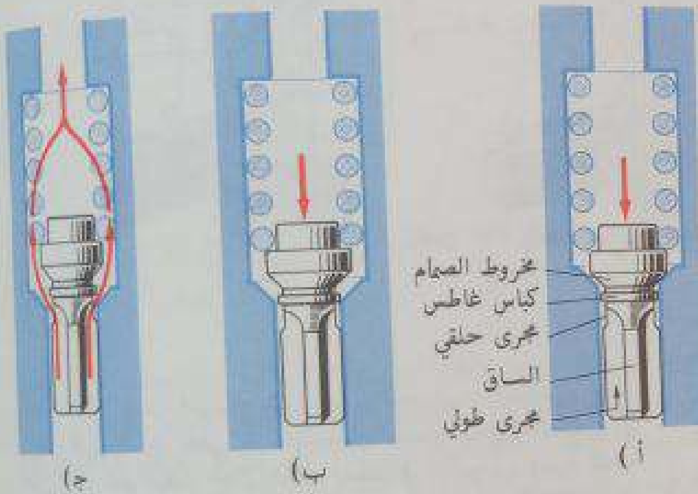


١٥٢ – ١

أ) مصد ثابت لجريدة التنظيم. لا يغير هذا المصد وضعه إلا عند ضبط المضخة، ويتم إحكامه بواسطة صمولة زنق أو بتيلة مشقوقة.

ب) مصد جريدة تنظيم قابل للضبط. ويتم هذا بواسطة ذراع شد يشغل من غرفة القيادة.

ج) مصد تلقائي لجريدة التنظيم. يمكن إزاحة جريدة التنظيم إلى ما بعد وضع الحمل الكامل، عند بدء تشغيل المحرك، مما ينتج عنه شد نابض المصد.



١٥٢ – ٢ صمام الضغط.

أ) صمام الضغط مفتوح.

ب) صمام الضغط حيث يبدو في الشكل انغماس غاطس الصمام داخل الأسطوانة. ويكون أنبوب الضغط منفصلا عن غرفة الضغط.

ج) مخروط الصمام مستقر على مقعده مما يؤدي إلى زيادة حجم أنبوب الضغط.

صمام الضغط (شكل ١٥٢ – ٢) : يمنع هذا الصمام التنقيط اللاحق للمنافث. وهو يقوم بتكبير حجم أنابيب الضغط، إذ يعمل غاطس الصمام على سد الأنبوب بشكل محكم أولا، ثم يواصل انغماسه داخل الأسطوانة بعد ذلك.

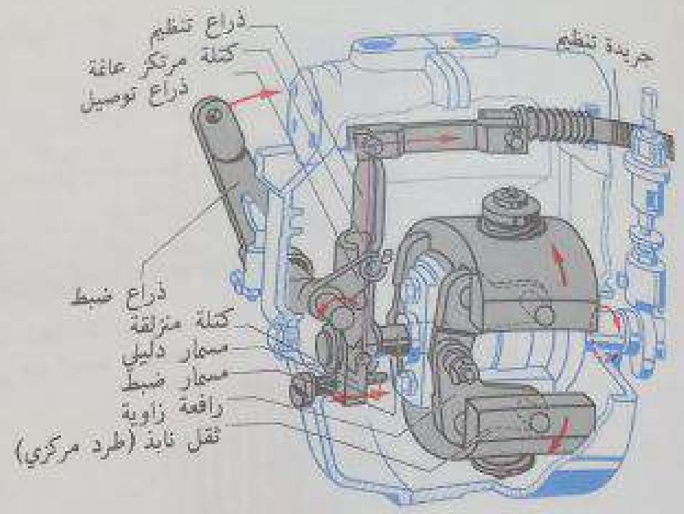
المنظم : تعتمد كمية الوقود المحقون على مدى تحميل وسرعة دوران المحرك. وتتم مواءمة تلك المقادير بتشغيل دعسة الوقود. وتنحصر وظيفة المنظم في تحقيق دوران منتظم عند سرعة اللاحمل، كما يمنع تجاوز حدود سرعة الدوران النهائية وسرعة الدوران القصوى. وتستعمل في المركبات الآلية منظمات تعمل بالطرد المركزي وأخرى تعمل بالهواء المضغوط.

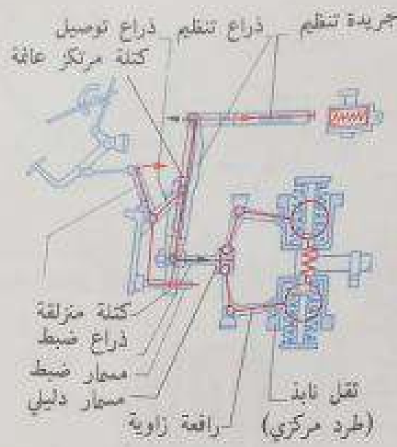
منظم يعمل بالطرد المركزي (شكل ١٥٣ – ١) . يدار المنظم من عمود الحدبات، وهو يتكون من روافع وأذرع متعددة ومن كتلتي طرد مركزي مثبتتين بنوابض لحفظهما في وضع السكون عند السرعات المنخفضة. وعند تخطي سرعة عمود الحدبات حدا معينا تتغلب قوى الطرد المركزي على قوى شد النابض فتتحرك الكتل إلى الخارج (شكل ١٥٣ – ٢) . وبذلك يبدأ عمل المنظم إذ يمنع زيادة سرعة المحرك عن السرعة النهائية المناظرة لوضع دعسة السير. وتعتمد السرعة التي يبدأ عندها المنظم في العمل، على كل من الأبعاد والمرونة والاجهاد الأولي للنابض. وعند زيادة تحميل المحرك عند صعود مرتفع مثلا، فإنه يتحتم زيادة كمية الوقود المحقونة. وهو أمر لا يمكن تحقيقه بمنظم الطرد المركزي، لذلك فإن على السائق أن يضغط على دعسة السير لزيادة كمية الوقود المحقون.

منظم يعمل بالهواء المضغوط (شكل ١٥٣ – ٣) . يستعمل هذا المنظم أساسا في محركات الديزل السريعة، لسيارات ركوب الأشخاص. وهو يتكون من فنتوري (خانق) تحكم (Venturi Control Unit) ومجموعة الغشاء.

ويوجد فنتوري التحكم (شكل ١٥٤ – ١) في أنبوب السحب، ويكون على شكل أنبوب فنتوري (راجع صفحة ١٠٣) ويقع صمام خنق التنظيم في أضيق مقطع فيه (عنق الفنتوري). ويتفرع من نفس الموضع أنبوب توصيل ينتهي عند مجموعة الغشاء. ويتصل صمام خنق التنظيم مع دعسة الوقود بواسطة ذراع.

مجموعة الغشاء (شكل ١٥٤ – ١) : يتكون من غرفة الضغط الجوي وغرفة الضغط المنخفض، ويفصلهما غشاء يتصل بجريدة التنظيم ويضغط نابض على كل من الغشاء وجريدة التنظيم في اتجاه الحمل الكامل، في حالة سكون المحرك. وتتصل غرفة الضغط المنخفض مع فنتوري التحكم بواسطة خرطوم.





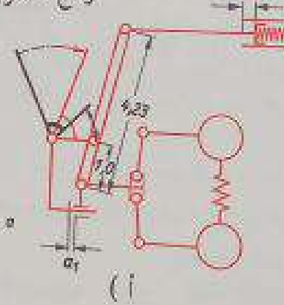
١٥٣ - ١ منظم يعمل بالطرد المركزي (RQ). يُشكّل ذراع التنظيم وكتلة المرتكز العائمة أم أجزاء المنظم. ويشغل ذراع التنظيم جريدة التنظيم، وهو يتصل من ناحية بدعسة السير من خلال ذراع التوصيل وعمود ذراع التوصيل وذراع الضبط، ومن الناحية الأخرى بكتل الطرد المركزي، عن طريق مسامير الضبط والرافعة الزاوية. ويجب التمييز بين مسارين للحركة:

١ - حركة جريدة التنظيم نتيجة تحريك ذراع الضبط: يتحرك ذراع التوصيل حول مرتكزه إلى اليمين فيؤرجح ذراع التنظيم حول مرتكز الدوران (A) وبذلك تتحرك جريدة التنظيم في اتجاه الحمل الكامل. ويزيح ذراع التوصيل ذراع التنظيم على المسمار الدليلي، قبل مصد الحمل الكامل بقليل، فيتحرك مرتكز الدوران (A) نحو اليمين. ويعمل ذراع التوصيل كرافعة بذراع واحد مرتكزها (A). يتناقص ابتعاد النقطتين (A) و (B)، بسبب إزاحة كتلة المرتكز العائمة في ذراع التنظيم بواسطة ذراع التوصيل.

٢ - حركة جريدة التنظيم نتيجة حركة تنظم كتل الطرد المركزي: تتحرك كتل الطرد المركزي إلى الخارج ضد قوة شد النابض، عندما تصل سرعة عمود حدبات مضخة الحقن إلى حد معين، مما يتبعه سحب مسمار الضبط إلى اليمين عن طريق الرافعة الزاوية. وبذلك يتأرجح ذراع التنظيم حول مرتكز الدوران (B)، ويسحب جريدة التنظيم في اتجاه وضع التوقف. ويعمل ذراع التنظيم كرافعة ذات ذراعين مرتكزها (B). ولما كان مرتكز الدوران يتزحزح مع كتلة المرتكز العائمة، فإن نسبة نقل الحركة للرافعة تتغير أثناء تشغيل دعسة الوقود.

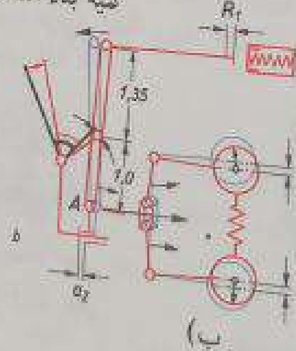
١٥٣ - ٢

أ) بدء التشغيل: تضغط دعسة الوقود حتى نهايتها، فيزيح ذراع التوصيل ذراع التنظيم بواسطة كتلة المرتكز العائمة، ويزيح بالتالي جريدة التنظيم حتى مصد الحمل الكامل.



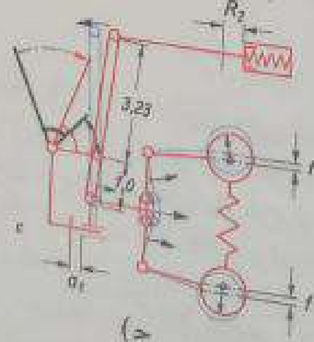
أ)

ب) سرعة اللاحمل: تبلغ نسبة نقل حركة الرافعة أقل قيمة لها عند سرعة اللاحمل. وعند ارتفاع سرعة المحرك عن سرعة اللاحمل، تسحب كتل الطرد المركزي جريدة التنظيم إلى الخلف، عن طريق رافعة الزاوية ومسمار الضبط وذراع التنظيم.

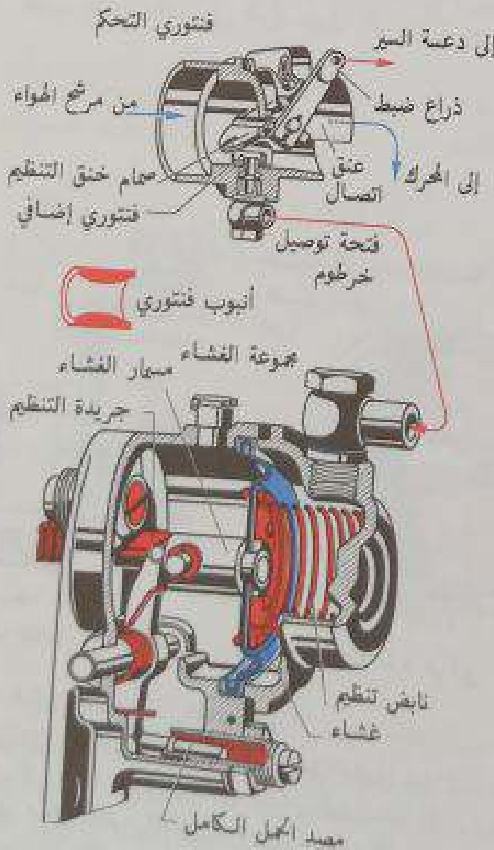


ب)

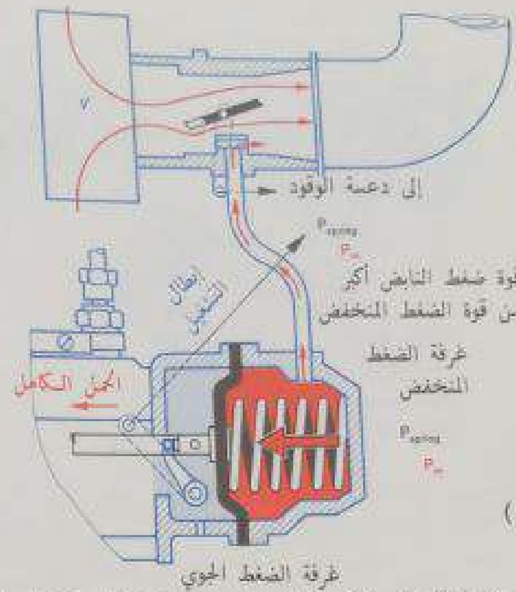
ج) الحمل الكامل: تبلغ نسبة نقل حركة الرافعة أقصاها عند الحمل الكامل، وتكون طريقة العمل هنا مشابهة لضبط سرعة اللاحمل. وتسحب جريدة التنظيم إلى الخلف حتى وضع التوقف نتيجة لكبر نسبة نقل الحركة.

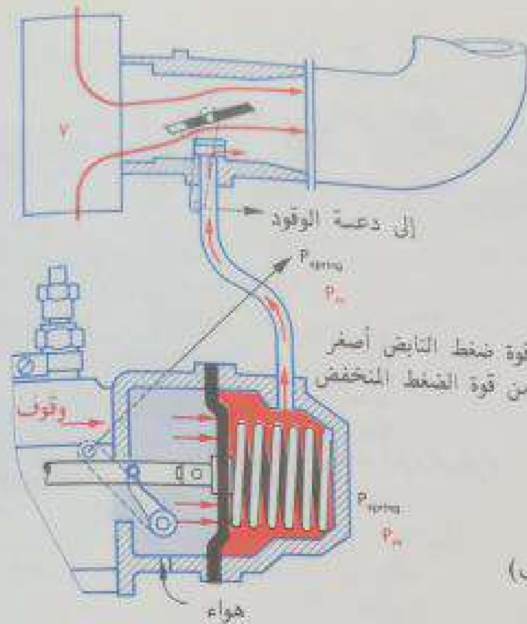


ج)



١٥٣ - ٣ منظم يعمل بالهواء المضغوط مع مصد الحمل الكامل.





١٥٤ - ١ طريقة عمل المنظم الذي يعمل بالهواء المضغوط في مجال الحمل الجزئي.

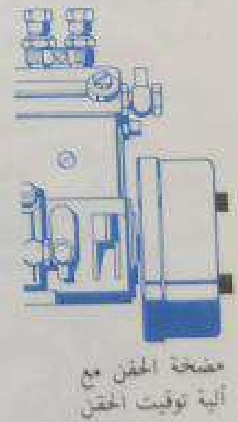
أ) يضبط وضع دعسة الوقود بتحريكها من وضع سرعة اللاحمل إلى وضع الحمل الجزئي. فينفتح صمام خنق التنظيم، حيث تكبر مساحة مقطع فنتوري التحكم ومن ثم تنخفض سرعة تدفق الهواء خلاله ويقل الضغط المنخفض فيه وفي غرفة الضغط المنخفض المتصلة به. وإذا قل انخفاض الضغط عن قوة ضغط النابض فيضغط هذا النابض على الغشاء وعلى جريدة التنظيم في اتجاه الحمل الكامل، وبالتالي تزداد كمية الوقود المحقون، وتزيد سرعة المحرك.

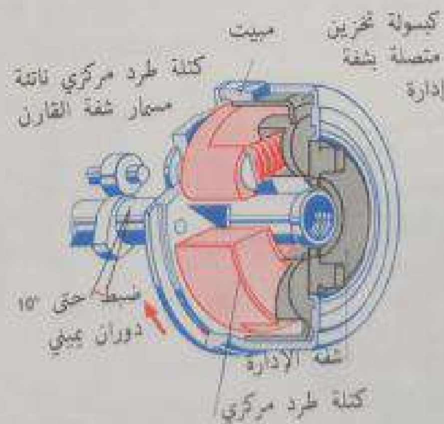
ب) تسبب سرعة دوران المحرك العالية زيادة سرعة الهواء في فنتوري التحكم، مما ينتج عنه زيادة انخفاض الضغط فيه وفي غرفة الضغط المنخفض المتصلة به. وعندما تصبح قوة الضغط المنخفض أكبر من قوة شد النابض. ينسحب النابض كلا من الغشاء وجريدة التنظيم المتصل به في اتجاه عدم التغذية (اللاتغذية).

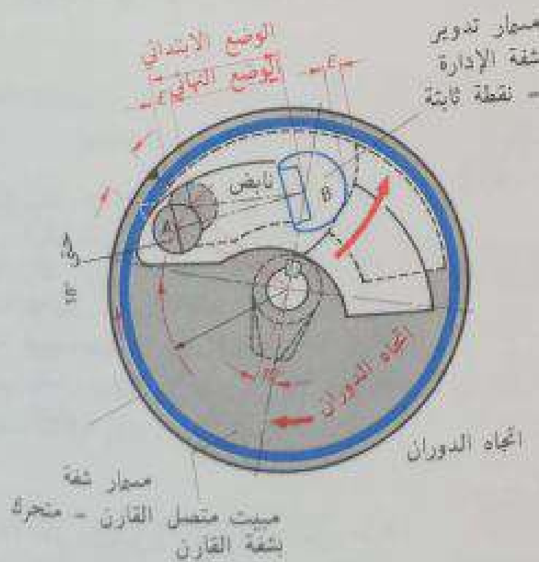
تعتمد طريقة عمل المنظم على أن تدفق الهواء في أنبوب فنتوري، يولد ضغطا منخفضا في عنقه. ويزيد انخفاض الضغط بزيادة سرعة الهواء، وتزيد سرعة الهواء في فنتوري التحكم أو تقل، كلما تم تضييق أو توسيع مقطع مدخل أنبوب الفنتوري بالضغط على دعسة الوقود. وينقل الخرطوم ظروف الضغط المنخفض من فنتوري التحكم إلى غرفة الضغط المنخفض. ويضبط الغشاء جريدة التنظيم على وضع اللاتغذية أو وضع الحمل الكامل، بناء على انخفاض الضغط المؤثر.

يتم تغيير لحظة بدء الحقن بواسطة آلية توقيت الحقن الأوتوماتي (شكل ١٥٤ - ٢).

يجب تقدم الحقن في محرك ديزل كلما زادت سرعته وهذا يناظر تقدم الشرارة في محرك أوتو عند زيادة السرعة.



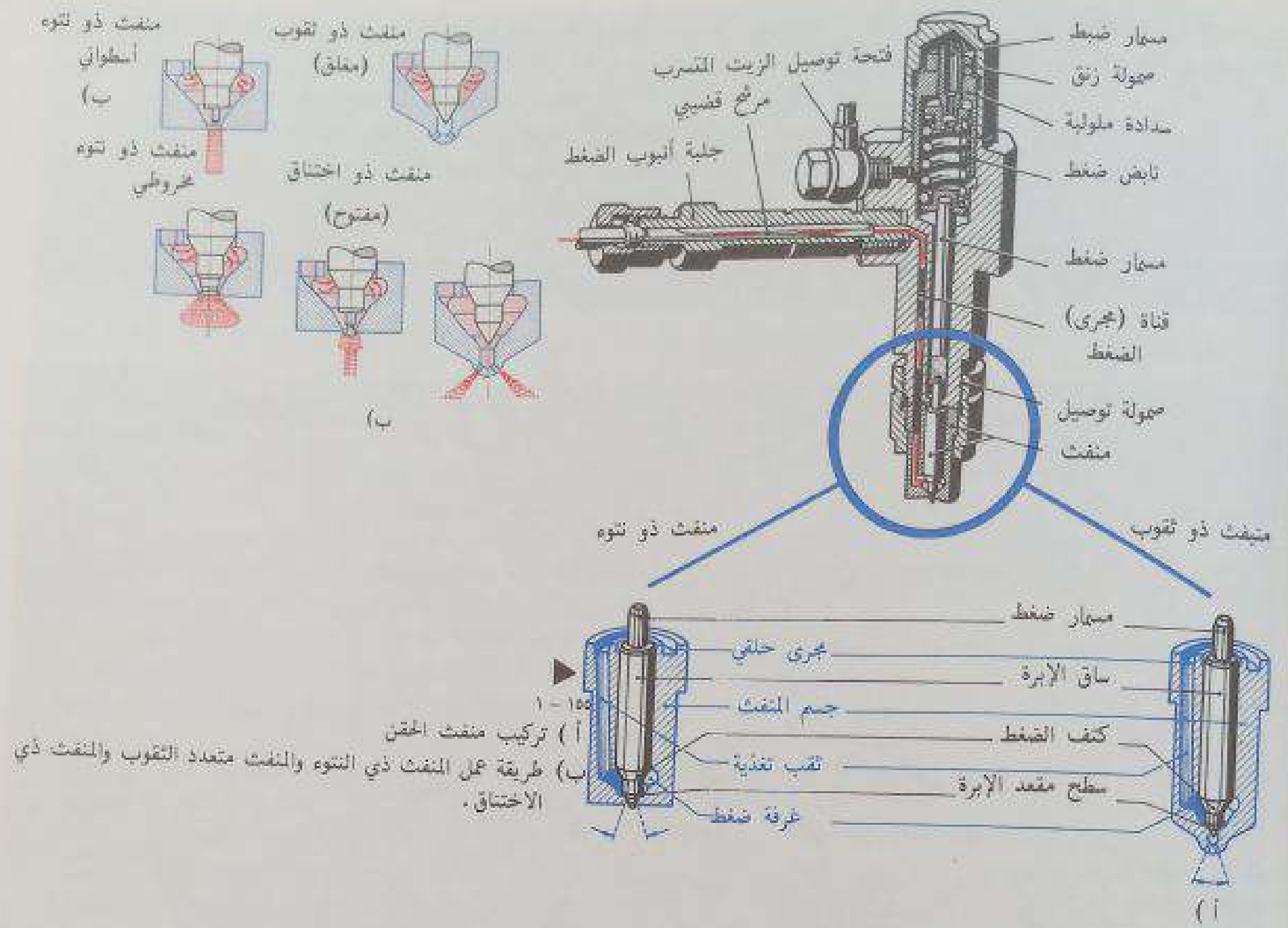




١٥٤ - ٢ آلية توقيت الحقن الأوتوماتي:

١ - انتقال قوة دوران المحرك: تنتقل قوة الدوران من شفة المحرك إلى مخالب قارن شفة الإدارة، ثم من مسامير تدوير شفة الإدارة إلى المنحنى لكتل الطرد المركزي، ثم من نتوءات كتل الطرد المركزي إلى مسار مسامير شفة القارن، وأخيرا من شفة القارن إلى عمود الحدبات.

٢ - ضبط عمود الحدبات. تتحرك كتل الطرد المركزي إلى الخارج عند دوران آلية الحقن، فتنزلق هذه الكتل على طول مسامير تدوير شفة الإدارة وتزحزح في اتجاه الدوران. وتتولى نتوءاتها نقل الحركة إلى مسامير شفة القارن. وبذلك تدار شفة القارن وتضبط عمود الحدبات في نفس الاتجاه. وفي هذه الأثناء تشد النوابض المثبتة بين مسامير تدوير شفة الإدارة ومسمار شفة القارن.



▶ ١٥٥ – ١

أ) تركيب منفث الحقن

ب) طريقة عمل المنفث ذي النتوء والمنفث متعدد الثقوب والمنفث ذي الاختناق.

منفث الحقن (الرشاش) (شكل ١٥٥ – ١أ) . ينبغي لمنفث الحقن أن يوزع الوقود في غرفة الاحتراق بأفضل وسيلة تتناسب مع الطريقة المستعملة لتكوين الخليط . وهو يتكون من جسم المنفث وإبرة المنفث . ويثبت المنفث في حامل المنفث . ويصنع كل من جسم المنفث وإبرته من سبائك فولاذ عالية الجودة . ويصنع هذان الجزءان بدقة متناهية ويتم تخضينهما معا ، ولذلك لا يجوز استبدال أحدهما دون الآخر .

تضغط إبرة المنفث على مقعدها في وضع السكون بواسطة نابض ضغط . وبمجرد زيادة الضغط الذي تولده مضخة حقن الوقود عن الضغط الأولي للنابض ، تفتح إبرة المنفث ، ويبدأ حقن الوقود . ويمكن ضبط ضغط النابض على حامل المنفث ، ويعتمد ذلك الضغط على ضغط الحقن المطلوب .

تحتاج طرق تكوين الخليط المستعملة إلى منافث ذات أشكال مختلفة (شكل ١٥٥ – ١ ب) . فتستعمل منافث ذوات ثقوب لحقن المباشر ومنافث ذوات نتوءات لكل من طريقة غرفة الاحتراق المتقدم وغرفة الاحتراق الدوامية . وهناك أيضا منافث ذات اختناق ، وهي نوع خاص من المنافث ذات النتوء ، وتصمم بحيث تحقن كمية قليلة من الوقود حقنا أوليا في غرفة الاحتراق ، قبل حقن الكمية الرئيسية .

التخلص من الهواء الموجود في مجموعة الحقن : في حالة دخول بعض الهواء إلى أسطوانة مضخة الحقن ، فإنه يتم انضغاطه عند تحرك كباس المضخة إلى أعلى ، وبذلك يتوقف حقن الوقود . لذلك يجب التخلص من هذا الهواء في مجموعة الحقن . وتعتبر عملية التخلص من الهواء ضرورية في الأحوال التالية :

- قبل تشغيل المضخة لأول مرة .
- عند فصل أو فك أي من مضخة الحقن أو أنابيب التغذية أو أنابيب الضغط .
- عند خلو خزان الوقود تماما من الوقود .
- عندما يوجد هواء في الأنابيب أو في غرفة السحب .

طريقة التخلص من الهواء : تبدأ عملية التخلص من الهواء عند مرشح الوقود ، حيث يفك مسمار التهوية وتشغل المضخة اليدوية إلى أن يخرج وقود خال من فقاعات الهواء من الفوهة ، ثم يربط مسمار التهوية . وللتخلص من الهواء في غرفة السحب بمضخة الحقن يفك مسمار التهوية الموجود في غرفة السحب . وتتم التهوية بنفس طريقة تهوية مرشح الوقود . ويتم التخلص من الهواء في غرفة الضخ ، بفك أنبوب الضغط المثبت بحامل المنفث ، ثم تضبط جريدة التنظيم على وضع التغذية الكاملة ، وبعد ذلك يدار المحرك ببطء ، أو يكرر ضغط كباس المضخة إلى أعلى بواسطة مفك ، حتى يخلو الوقود الخارج عند حامل المنفث من فقاعات الهواء . وأخيرا يربط أنبوب الضغط بحامل المنفث ، ثم يضخ الوقود حتى يحدث شعور بمقاومة ضغط الوقود .

الملخص:

محرك ديزل مجموعة حقن، اشتعال ذاتي، نسبة انضغاط مرتفعة (حتى ٢٨:١)، تصميم جاسئ، كفاية عالية، عزم دوران كبير عند السرعات المنخفضة، استهلاك وقود منخفض، وقود رخيص.

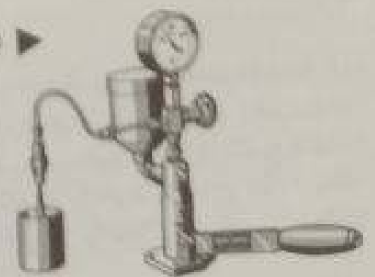
طريقة العمل سحب الهواء - ضغط الهواء حتى درجة حرارة الاشتعال الذاتي - حقن واشتعال ذاتي للوقود - توليد القدرة - طرد غازات الاحتراق (العادم) - الزمن بين الحقن وبدء الاشتعال = فترة تأخير الاشتعال؛ تتوقف على قابلية الوقود للاشتعال الذاتي (الرقم السيتني للوقود).

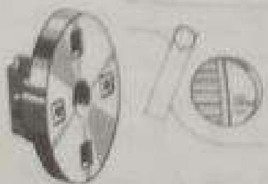
تكوين الخليط يتكون في حيز الانضغاط بين شوط الانضغاط وشوط القدرة - الزمن المتاح قصير.
الطريقة: طريقة الحقن المباشر، طريقة غرفة الاحتراق الكروية المركزية (طريقة - M) طريقة غرفة الاحتراق المتقدم، طريقة غرفة الاحتراق الدوامية.

أعطال محرك ديزل

العطل	الأسباب المحتملة للعطل	إزالة العطل
عدم دوران المحرك عند بدء التشغيل	- خزان الوقود فارغ - مضخة الحقن لا تغذي بالوقود، لوجود هواء بمجموعة الحقن - انسداد مصفاة الوقود أو أنبوب الوقود أو مرشح الوقود. - مضخة التغذية لا تغذي - تلوث صمام الضغط - كسر نابض صمام الضغط - ضغط الوقود منخفض عند منفث الحقن، بسبب انفكاك مسمار الضبط أو انكسار نابض المنفث. - شمع التوهج لا تتوهج بسبب قطع دائرة التيار	يعاد ملء الخزان بالوقود ويتم التخلص من الهواء في دورة الحقن التخلص من الهواء في مجموعة الحقن. تنظيف الأجزاء المذكورة وبالتالي تغيير عنصر الترشيح. تنظف الصمامات ويحكم ربط أنبوب السحب. تنظيف الصمام. تركيب نابض جديد. يعاد ضبط ضغط النفث، ويستبدل نابض النفث إذا لزم الأمر (أنظر شكل ١٥٦ - ١). تغير الأجزاء التالفة مثل شموع التوهج أو جهاز مراقبة شموع التوهج أو خطوط التوصيل أو المفاتيح.
انخفاض (كفاية) أداء المحرك	- ضبط خاطئ لكمية الوقود المحقون من مضخة الحقن - وجود هواء بمضخة الحقن - انسداد مرشح الهواء - توقيت بدء الحقن مضبوط بشكل خاطئ - صمامات الضغط غير محكمة - انسداد المنافث (تلوثها بوقود متفحم)	تضبط مضخة الحقن على منصب الاختبار. التخلص من الهواء الموجود في مضخة الحقن. ينظف المرشح ويغير عنصر الترشيح عند الضرورة. يضبط توقيت بدء الحقن على شفة القارن (أنظر شكل ١٥٦ - ٢). تركب صمامات جديدة بحاملاتها. تنظف المنافث.
وجود سناج في غازات العادم	- تضخ مضخة الحقن كمية زائدة من الوقود - ضغط المنفث منخفض أو تبقى إبرة المنفث عالقة - توقيت بدء الحقن غير مضبوط - المنافث مسدودة (ملوثة بوقود متفحم)	يضبط مصد جريدة التنظيم. ضبط ضغط المنفث. يضبط توقيت بدء الحقن على شفة القارن. تنظف المنافث.
عدم انتظام دوران المحرك	- انسداد مرشح الوقود - لا تعمل مضخة التغذية بشكل صحيح - وجود هواء بمضخة الحقن - صمام الضغط غير محكم - يتباين ضغط الحقن بشدة عند منافث الحقن. - نابض الضغط مكسور في حامل المنفث - المنافث غير محكمة - أنبوب الضغط غير محكم أو مكسور	ينظف المرشح وإن اقتضى الأمر يستبدل عنصر الترشيح. تنظف المضخة أو يجري إصلاحها وتجديدها. يتم التخلص من الهواء في مضخة الحقن. تركب صمامات جديدة بحاملاتها. يضبط ضغط الحقن تبعا للتعليمات الخاصة بذلك. يستبدل نابض الضغط بآخر جديد. يستبدل نابض الضغط. يعاد ربط وصلات الأنابيب أو تغير الأنابيب التالفة.

▶ ١٥٦ - ١ جهاز اختبار منافث الحقن





١٥٦ - ٢ ضبط توقيت بدء الحقن على شفة القارن، وتبدو علامة بدء التغذية (FB) واضحة على قرص الحذافة. ◀

الملخص :

مضخة تغذية الوقود

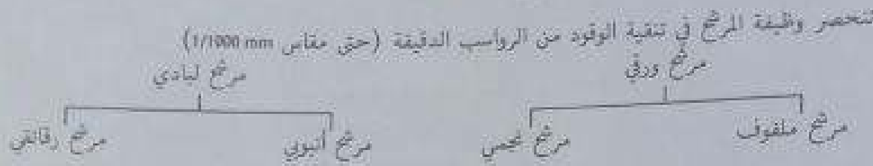
الوظيفة : تتلخص وظيفة مضخة التغذية في ضخ الوقود من الخزان إلى مضخة الحقن.

طريقة العمل : تدار مضخة ذات كباس، مفردة التأثير أو مزدوجته، من عمود الحدبات.

مرشح الوقود

الوظيفة : تنحصر وظيفة المرشح في تنقية الوقود من الرواسب الدقيقة (حتى مقاس 1/1000 mm)

أنواعه :



مضخة الحقن :

الوظيفة : تقوم مضخة الحقن بتوليد ضغط الحقن (من 80 bar إلى 300 bar)، وبتغيير كمية الوقود المحقون.

التركيب : تتكون هذه المضخة من عمود حدبات وتابع الحدبة ونابض ضغط وعنصر ضخ وجلبة تنظم جريدة تنظيم مع مصد جريدة التنظيم وصمام ضغط.

طريقة العمل : مضخة مفردة التأثير ذات كباس ثابت الشوط. ويتم تغيير شوط التغذية بواسطة حافة تحكم مائلة (حلزونية). ولتحقيق ذلك يدار الكباس بواسطة جريدة التنظيم وجلبة التنظيم.
وتحدد مسافة تحرك جريدة التنظيم بواسطة مصد جريدة تنظيم الأوضاع، يكون إما ثابتا أو قابلا للضبط بواسطة ذراع شد أو أوتوماتيا.
يغلق صمام الضغط غرفة الضغط تجاه أنبوب الضغط مقللا بذلك من الضغط في أنبوب الضغط عند نهاية التغذية بواسطة الكباس الغاطس.

المنظم

أنواعه :	منظم يعمل بالطرد المركزي	منظم يعمل بالهواء المضغوط
الوظيفة :	تنظيم سرعة اللاحمل تحديد السرعة النهائية	ضبط كمية الوقود المحقون تنظيم وتحديد السرعة لكل مجالات تغيير السرعة.

التركيب : يتكون من ذراع توصيل وذراع تنظيم مع كتلة مرتكز عائقة وفنتوري تحكم مع صمام خنق التنظيم ومجموعة غشاء مع مسمار ضبط. ورافعة زاوية وكتل غرفة ضغط جوي وغرفة ضغط منخفض مع غشاء طرد مركزي، بها نوابض.

طريقة العمل :	تنتقل حركة كتل الطرد المركزي نتيجة القوة الطاردة المركزية بواسطة روافع إلى جريدة التنظيم. ويؤثر ذراع التنظيم من جانبيه. وتتغير نسبة نقل الحركة.	يتغير الضغط المنخفض في فنتوري التحكم تبعا لتغير سرعة سحب الهواء. ينقل الضغط المنخفض إلى غرفة الضغط المنخفض وتحرك جريدة التنظيم عن طريق تحريك الغشاء.

آلية توقيت الحقن الأوتوماتي

الوظيفة : مواءمة توقيت بدء الحقن تبعا لسرعة المحرك.

طريقة العمل : ضبط عمود الحدبات من خلال حركة أثقال الطرد المركزي.

أسئلة :

١ - ما هو الفرق بين محرك أوتو ومحرك ديزل؟
٢ - صف طريقة عمل محرك ديزل رباعي الأشواط.
٣ - صف طرق تكوين الخليط.
٤ - كيف يتم ضبط كمية الوقود المحقون من مضخة الحقن؟
٥ - ما هي وظيفة صمام الضغط؟
٦ - كيف يعمل المنظم بالطرد المركزي؟
٧ - ما هي وظيفة آلية توقيت الحقن الأوتوماتي؟
٨ - أذكر أنواع المنافث.

٤ – ٦ المحرك ذو الكباس الدوار (فانكل)

في المحركات الترددية العادية، يتم إسراع وإبطاء حركة كل من الكباس ومسمار الكباس وذراع التوصيل بمعدل يصل إلى مائة مرة في الثانية، وأحيانا ما يزيد المعدل عن ذلك.

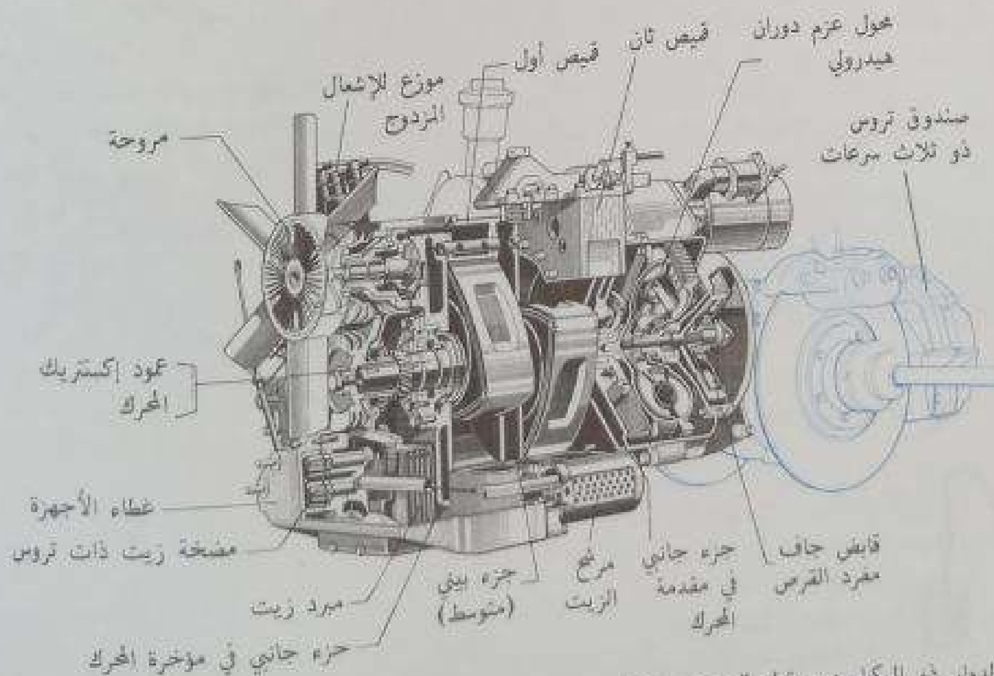
تتولى أجزاء مختلفة – في المحركات رباعية الأشواط – عملية التحكم في دخول وخروج الغازات، وتقوم هذه الأجزاء بأداء حركة ترددية أثناء ذلك، مما يحد أحيانا من سرعة المحرك. كما تؤدي كثرة عدد الأجزاء إلى زيادة تكاليف الإنتاج والصيانة، خصوصا في المحرك رباعي الأشواط. لذلك فقد حاول المصممون منذ زمن بعيد إزالة عيوب المحرك الترددي هذه بإنتاج محرك ذي أجزاء دوارة.

ولقد أثبت المحرك ذو الكباس الدوار – من بين المحركات ذات الأجزاء الدوارة – صلاحيته للاستعمال في تشغيل سيارات ركوب الأشخاص. ويتحول شغل تمدد الغازات عند الاحتراق في هذا المحرك إلى حركة دورانية مباشرة. ولقد فشلت كل التجارب التي أجريت على المحركات ذات الكباسات الدوارة زمنا طويلا، بسبب مشاكل منع تسرب الغازات. وتمكن فيليكس فانكل (Felix Wankel) في عام ١٩٥٤ من إحراز تقدم حاسم، إذ اكتشف أن استعمال مبيت على شكل 8 (مجلي فوقي)، يدور بداخله عضو دوار مثلثي المقطع، يؤدي إلى تحقيق دورة دقيقة رباعية الأشواط.

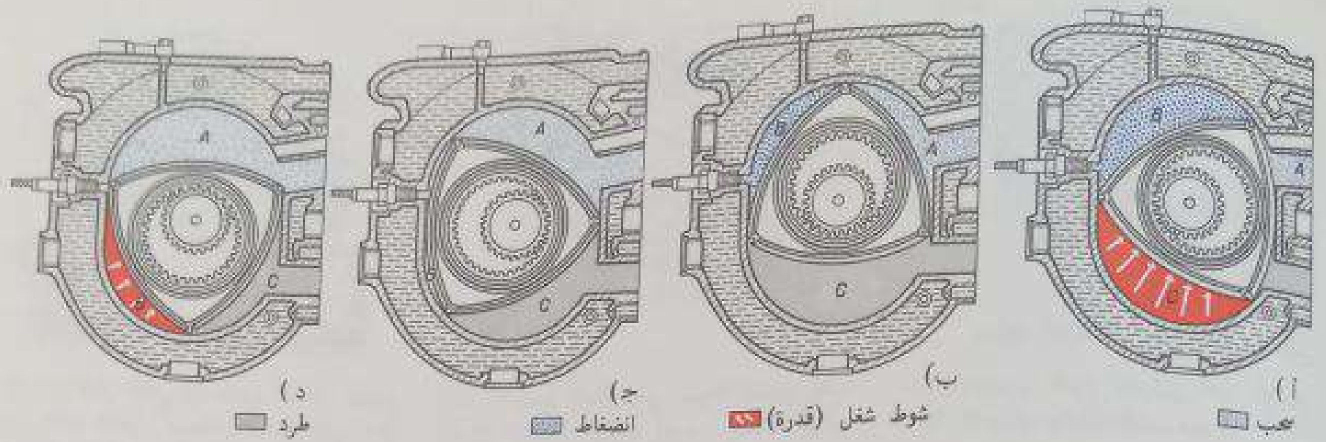
المحرك ذو كباس ومبيت دوار. كان هذا أول محرك دوار بكباس طوره فانكل (Wankel). ولا يوجد في هذا المحرك إلا أجزاء دوارة حول محاور ثابتة. فيدور الكباس ومبيته حول محاور متوازية بسرعات مختلفة، ولكن في نفس الاتجاه. وتتكون غرف شغل (قدرة) متغيرة الحجم بين جداريهما. وتوجد كل هذه الأجزاء داخل مبيت ثابت. ولقد سبب دوران كل من الكباس والمبيت صعوبات في أول الأمر، بالنسبة لوصلات أنابيب دخول الشحنة وخروج العادم وماء التبريد، وكذلك بالنسبة لأسلاك شموع الإشعال. وكان الحل الأفضل لهذه المشاكل هو ما تم التوصل إليه في المحرك ذي الكباس الدوار الذي طورته جماعة التطوير فانكل (NSU-Wankel) في عام ١٩٥٧.

المحرك ذو الكباس الدوار. يعتمد هذا المحرك في نظرية حركته على عكس حركية (كيناتيكية) المحرك ذي الكباس والمبيت الدوار. فعلى النقيض من المحرك ذي الكباس والمبيت الدوار، يظل المبيت في المحرك ذي الكباس الدوار ثابتا بينما يدور الكباس على مرفق حول مركز ثقله، ويتحرك في نفس الوقت حركة دورانية. ويمكن تحقيق اتزان المحرك اتزانا كاملا بواسطة استعمال أثقال موازنة.

طريقة عمل المحرك ذي الكباس الدوار. تتم دورة الشغل في المحرك ذي الكباس الدوار في أربعة أشواط حقيقية، تنفصل أطوارها عن بعضها البعض انفصالا واضحا، فتتم كل عمليات سحب (مص) وانضغاط خليط الوقود والهواء ثم تمدد وطرد غازات الاحتراق (العادم)، بواسطة تأثير حركة جوانب الكباس ذي الشكل المثلث. وعلى عكس المحرك رباعي الأشواط العادي، لا تلزم هنا صمامات للتحكم في دخول أو خروج الغازات. ويناظر عمود المرفق في المحركات الترددية عمود الإكسنتريك (اللامركزي) في المحرك ذي الكباس الدوار. ويستعمل ضغط غازات العادم – المؤثرة على كل جانب من جوانب الكباس مباشرة – في إدارة الإكسنتريك. ولا يحتوي المحرك ذو الكباس الدوار على أجزاء معقدة للتحكم في تشغيل الصمامات، إذ يتدحرج الكباس المسنن من الداخل (ترس داخلي)، حول ترس صغير ثابت، حيث يعمل كل من الترس الداخلي للكباس والترس الصغير معا على ضبط مراحل حركة الكباس بالنسبة لدوران عمود الإكسنتريك وعلى دورانه في مساره العجلي (التروكويدي) داخل المبيت.



١٥٨ – ١ المحرك ذو الكباس الدوار ذو الكباسين، مقطع للمحرك، ومحول عزم الدوران والقابض.



١٥٩ - ١

أ) يبدأ شوط السحب بعد إزاحة البقايا الأخيرة من غازات العادم بواسطة جانب الكباس A (غرفة A). وفي نفس الوقت تنضغط الشحنة النقية الموجودة في الغرفة B وكذلك تمدد غازات الاحتراق في الغرفة C منتجة شغلاً.

ب) بينما تستمر كل من الغرفة A في السحب، والغرفة B في الضغط، يكون تمدد غازات العادم في الغرفة C قد وصل مداه. وبتحرك شريحة منع التسرب تنفتح فتحة التحكم في خروج العادم، حيث تخرج غازات العادم.

جـ) في حين ما زالت الغرفة A مستمرة في سحب خليط الوقود والهواء، يكون قد تم انضغاط الشحنة بالغرفة B، حيث يشعل الخليط المنضغط بواسطة شرارة إشعال. ويستمر طرد غازات الاحتراق (العادم) من الغرفة C.

د) تكون الغرفة A مملوءة بشحنة نقية، ويبدأ بها شوط الانضغاط بمجرد غلق شريحة منع التسرب لفتحة التحكم في الدخول في حين تمدد الغازات المحترقة بالغرفة B وتدير عمود الإكسنتريك - بواسطة الكباس - في اتجاه الدوران. وكذلك يستمر طرد غازات الاحتراق (العادم) بالغرفة C.

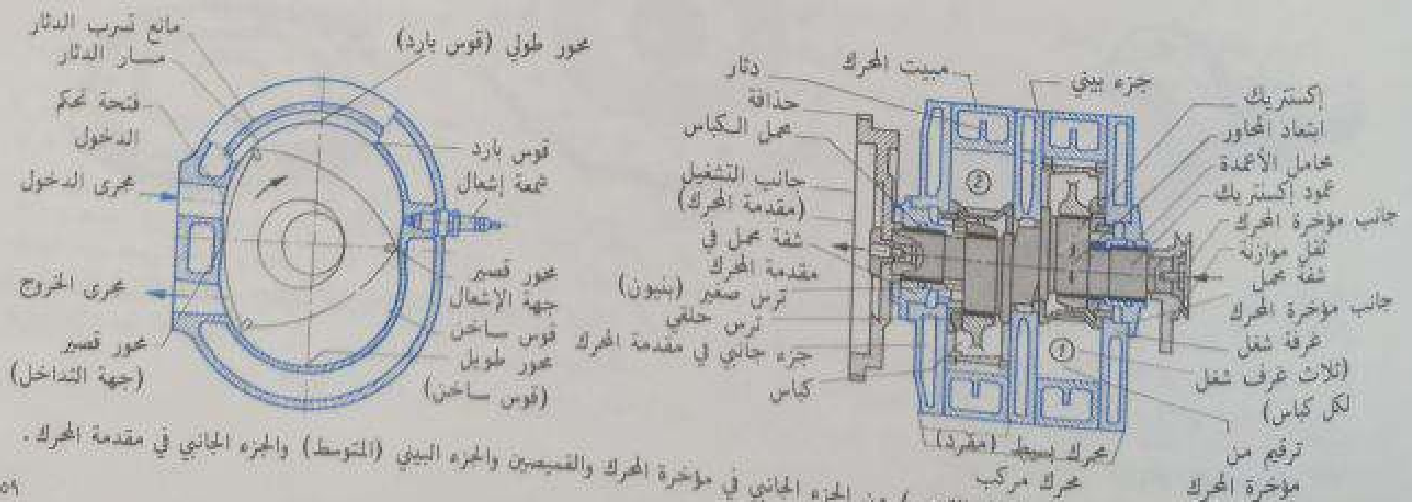
وتناظر الصورة التالية مرة أخرى شكل أ)، إلا أن الكباس يكون قد دار ثلث دورة (120°C) في مساره العجلي، وتكون جوانبه قد أصبحت في وضع بدء دورة رباعية جديدة. ويدور عمود الإكسنتريك (يناظر عمود المرفق في المحرك الترددي) دورة كاملة (360°C) خلال كل دورة شغل كالتي سبق وصفها. وهذا يعني أن كل دورة شغل تتم في دورة كاملة لعمود الإكسنتريك في المحرك ذي الكباس الدوار. وبدوران الكباس مثلث الشكل دورة كاملة، يكون المحرك قد أنجز ثلاث دورات رباعية وثلاث دورات لعمود الإكسنتريك.

وتبين سلسلة الأشكال (١٥٩ - من أ إلى د) كيفية عمل المحرك ذي الكباس الدوار. وتتداخل عمليات الشغل في الغرف الثلاث. وتدل الحروف الكبيرة على العملية الجارية في الحين. وتساعد الحروف الأبجدية C, B, A على تتبع الدورة في الغرف المختلفة، كل على حدة.

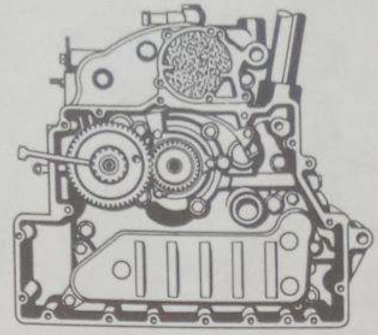
تسمية أجزاء المحرك ذي الكباس الدوار: يختلف تصميم المحرك ذي الكباس الدوار عن المحركات الترددية رباعية الأشواط، رغم اتباعه نفس الدورة رباعية الأشواط، مما يستلزم وضع تسميات خاصة لأجزاء المحرك. وسوف توضح هذه التسميات فيما يلي على مثال المحرك المزدوج المعروف أيضاً بإسم المحرك مزدوج القرص. وهو محرك ذو كباسين يقعان خلف بعضهما البعض على نفس العمود.

٤ - ٦ - ١ أجزاء المحرك المزدوج

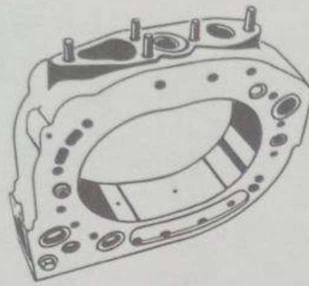
مبيت المحرك (شكل ١٥٩ - ٢): وهو يتكون من ستة أجزاء. وباستثناء غطاء الأجهزة، فيتم تثبيت الأجزاء معاً بواسطة شدادات ملولبة بدون حشيات إحكام. أما غطاء الأجهزة فيربط بالجزء الجانبي - في مؤخرة المحرك - بواسطة مسامير ملولبة قصيرة مسدسة الرأس، بحيث تكون بينهما حشية إحكام ورقية.



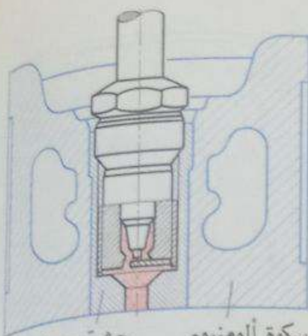
١٥٩ - ٢ يتكون مبيت المحرك المزدوج (ثنائي القرص) من الجزء الجانبي في مؤخرة المحرك والقميصين والجزء البيني (المتوسط) والجزء الجانبي في مقدمة المحرك.



١٦٠ - ١ الجزء الجانبي في مؤخرة المحرك: ويصنع من حديد الزهر. ويصلد الجانب الذي ينزلق عليه مانع تسرب الغاز، حراريا بالتيارات الحثية، لمنع البلى على قدر الإمكان. وبعد المعاملة الحرارية، يجلخ لضمان استواء وجودة السطح المطلوبين.



١٦٠ - ٢ يصنع الدثار من سبيكة ألمنيوم نظرا لجودة تبديدها لحرارة. يخرط مبيت الكباس خراطة أولية بطريقة النسخ، باستخدام قالب معاير ثم يطلى سطح التشغيل بطبقة مكونة من سبيكة نيكل مثلا. وتلي ذلك عملية تجليخ للسطح. ويجلخ أيضا السطحان الجانبيان الحلقيان بحيث يصبحا متوازيين.

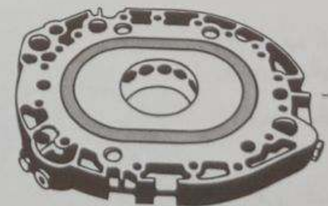


١٦٠ - ٣ يوصل الدرع الحراري شمعة الإشعال بغرفة الاحتراق بواسطة ثقوب صغيرة.

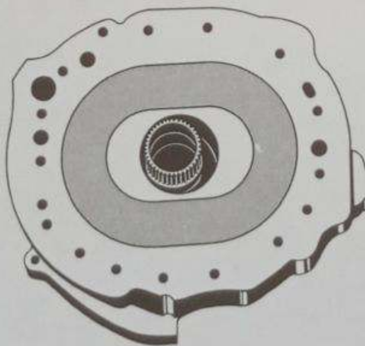
غطاء الأجهزة (١٥٨ - ١): وهو مركب في مقدمة المحرك مباشرة، خلف المروحة. ويصنع غالبا من الألومنيوم بسباكة الإسطمبات تحت الضغط ويحمل عدداً من الأجهزة الثانوية، مثل مضخة الزيت ومضخة تقنين الزيت ومضخة الوقود وموزع الإشعال ومولد التيار ثلاثي الأطوار.

الجزء الجانبي في مؤخرة المحرك (شكل ١٦٠ - ١): يفصل هذا الجزء غرفة الشغل، ويعمل أيضا كحامل للمحامل. ويربط هذا الجزء مع شفة المحمل في مقدمة المحرك بمسامير ملولبة. وتحمل شفة المحمل - في مقدمة المحرك - الجزء الثابت الخاص بالتعشيق المتزامن للكباس والجلبة الأمامية للمحمل الرئيسي. ويثبت غطاء محمل كريات ذي صف واحد على شفة المحل، ليعمل كدليل محوري لعمود الإكسنتريك. ويحمل الجزء الجانبي في مؤخرة المحرك أجهزة أخرى مثل مضخة المياه ومضخة هيدرولية ومضخة الضغط المنخفض ومبادل حراري للزيت والماء. ويوجد مرشح زيت دقيق في المجرى الرئيسي لتغذية الوقود، مثبتا في غطاء مرشح بشفة مصنوع من معدن خفيف (سبيكة ألومنيوم). ويشكل هذا الجزء الجانبي مع غطاء الأجهزة، المجمع السفلي للزيت (حوض الزيت)، حيث يوجد المبادل الحراري. ويمر ماء التبريد على الجانب الداخلي للجزء الجانبي.

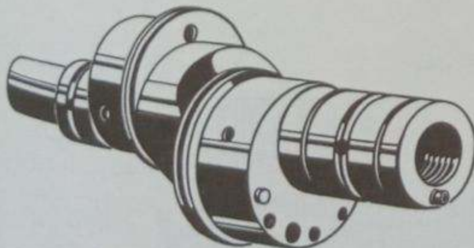
الدثار (شكل ١٦٠ - ٢): يسمى الجزء البيني للمبيت بالدثار وهو يؤدي نفس وظيفة الأسطوانة ورأس الأسطوانات في المحرك الترددي ثنائي الشوط. وهو لا يشكّل مسار دوران الكباس فقط، بل إنه يقوم أيضا بمهمة التحكم في الغازات. ويولج درع حراري من النحاس داخل الدثار بطريقة الانكماش. وتثبت شمعة الإشعال بهذا الدرع مما يساعد على تحسين عملية تبديد الحرارة (شكل ١٦٠ - ٣). ويسري ماء التبريد حول الدثار حلقي الشكل لتبريده.



١٦٠ - ٤ يصنع كل من الجزء البيني والأجزاء الجانبية من نفس المعدن وبنفس جودة إنجاز السطح. إلا أن الجزء البيني يحتوي على سطحي انزلاق يلامسهما الكباس.

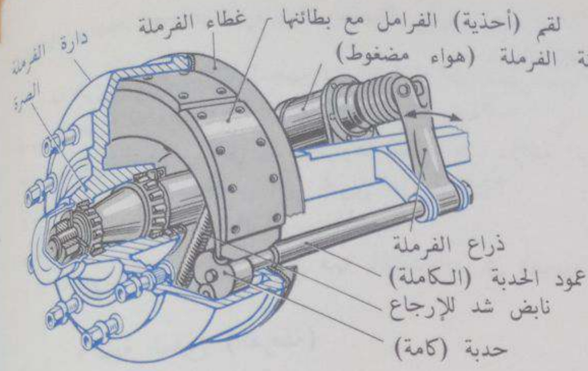


١٦٠ - ٥ الجزء الجانبي من مقدمة المحرك - يتشابه في تركيبه ووظيفته مع الجزء الجانبي الموجود في مؤخرة المحرك.



١٦٠ - ٦ عمود الإكسنتريك - يشكّل بالحدادة بالمطرقة الساقطة. وهو مزدوج التحميل ومحمل محوريا عند الجزء الجانبي في مؤخرة المحرك بواسطة محمل كريات. وتبلغ الزاوية بين كل إكسنتريكين متتاليين 180°. وتستعمل الثقوب الملولبة ومسامير الإزواج الموجودة في جبهة الإكسنتريك لتثبيت أقراص الطرد المركزي.

٢٤٤ - ١ الفرملة ذات الدارة (المكبح الداري): يعمل ضغط الهواء المتكون في أسطوانة الفرملة على إدارة عمود الحدبة، وبالتالي يدير الحدبة ذاتها، مما يؤدي الى انفراج اللقم إلى الخارج. ويحدث تقاصر في حركة المركبة نتيجة لضغط اللقم على دارة الفرملة الدائرة مع العجلة.



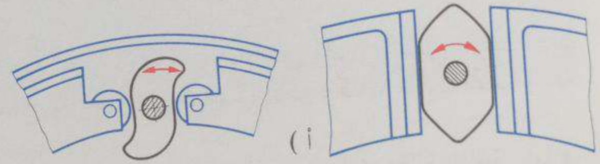
ولكي يتحقق انفراج اللقم بواسطة فرملة اليد، تركب رافعة وذراع ضغط في دارة الفرملة المعنية. ويمكن تركيب إكسنتريك في غطاء الفرملة لإعادة ضبط وضع لقمها. وتقسم أنواع لقم (أحذية) الفرامل طبقا لطريقة ارتكازها كما يلي:

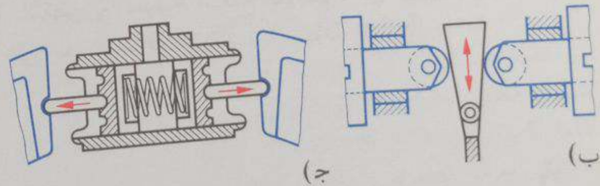
- لقم فرامل ذات مركز دوران ثابت (نقطة دوران واحدة أو مزدوجة).
- لقم فرامل ذات مركز دوران متغير الوضع (لقم عائمة).

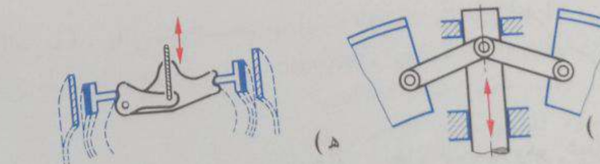
تصنع لقم (أحذية) الفرامل ذات المقطع المستعرض على شكل حرف T، إما من سبيكة من المعادن الخفيفة (سبيكة ألومنيوم)، أو من ألواح فولاذية ملحومة. ويعتمد شكل أطراف اللقم على نوع التجهيزة المستخدمة في الضغط على اللقم، وكذلك على التصميم الكلي للفرملة (أسطح مستوية أو شقوب... إلخ).

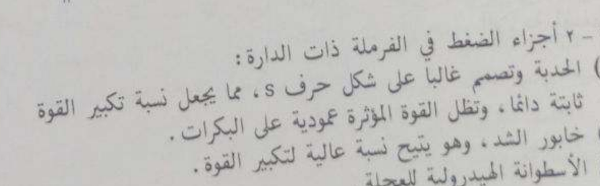
بطانة الفرملة: تثبت بطائن الفرملة على اللقم بالبرشمة أو اللصق. وعند وجوب استبدال البطانة الملصوقة، يجب استبدال البطانة مع اللقم كجزء واحد. وتصنع البطانة من مواد مشابهة لتلك التي تصنع منها بطانة القابض، والتي سبق شرحها في صفحة ١٦٧.

تؤدي القوة المماسة إلى تضخيم ذاتي للقوة الفرملية في اللقمة الأمامية (بالنسبة لاتجاه حركة المركبة)، ولذا فهي تسمى باللقمة الرئيسية للفرامل، في حين يؤثر جزء من هذه القوة المماسة ضد قوة الضغط، على اللقمة الخلفية (اللقمة الثانوية). نتيجة لذلك يكون التأثير الفرملي للقمة الرئيسية أكبر دائما منه للقمة الثانوية، في حالة الحركة إلى الأمام.

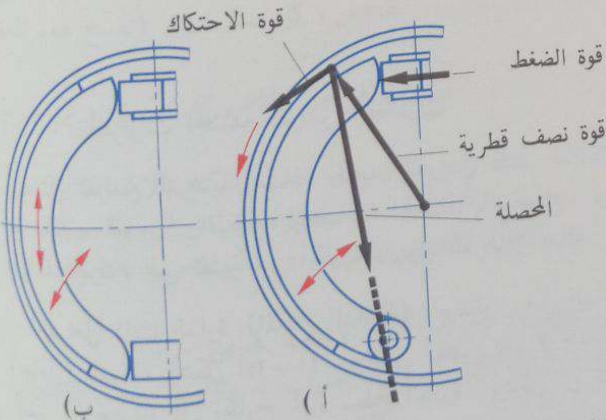








٢٤٤ - ٢ أجزاء الضغط في الفرملة ذات الدارة:
أ) الحدبة وتصمم غالبا على شكل حرف s، مما يجعل نسبة تكبير القوة ثابتة دائما، وتظل القوة المؤثرة عمودية على البكرات.
ب) خابور الشد، وهو يتيح نسبة عالية لتكبير القوة.
ج) الأسطوانة الهيدرولية للعجلة.
د) مجموعة الروافع، وهي نادرة الاستخدام
ه) روافع الانفراج، وغالبا ما تشغل بواسطة أسطوانة فرملة تعمل بالهواء المضغوط، أو تعمل ميكانيكيا. تؤثر فرامل التثبيت (فرامل اليد) عن طريق رافعة.



٢٤٤ - ٣ لقم الفرامل:
أ) ذات مركز دوران ثابت. يحدث كبح ذاتي، إذا مر خط محصلة القوى بنقطة تقع أمام مركز دوران اللقمة الرئيسية، واقتصرت حرية الحركة على اتجاه واحد.
ب) ذات مركز دوران متغير الوضع. حرية الحركة في هذه الحالة مكفولة في اتجاهين، حيث تتمكن لقم الفرامل من التركز مع الدارة، مما يؤدي إلى انخفاض تأثير الكبح الذاتي.

٥ نقل القوة المحركة

٥ – ١ القابض (Clutch)

٥ – ١ – ١ وظيفة القابض

القابض هو وصلة لنقل القوى بين المحرك وصندوق التروس، فعند تغيير التعشيق يتم فصل نقل الحركة لفترة زمنية قصيرة، نتيجة لفصل القابض. وقد يلزم قطع نقل القوة المحركة لأسباب مختلفة هي:

- بدء تشغيل المحرك والقابض في حالة فصل. (ولكن بدء التشغيل يتم عادة والقابض مقرن، بينما يكون صندوق التروس في وضع تعشيق اللاحمل.
- بدء حركة المركبة بوصل (إقران) القابض تدريجيا.
- تغيير وضع التعشيق في صندوق التروس، من وضع تعشيق سرعة ما إلى وضع تعشيق سرعة أخرى، أو إلى الوضع المحايد لإيقاف السيارة والتعشيق مفصول.

وبالإضافة إلى ذلك يمكن أن تنشأ ظروف لحظية أثناء السير، تتطلب إجراء فصل غير تام، كما هو الحال في الظروف الآتية:

- حركة المركبة ببطء متناه، مع السماح بانزلاق القابض.
- انزلاق ذاتي لفترة وجيزة، عند زيادة التحميل زيادة كبيرة تفوق المعدل، حيث يعمل القابض على الوقاية من زيادة الحمل.

ويشترط في القابض المستخدم في سيارات الركوب الحديثة، أن يكون ذا أمان كاف لنقل القوى وأداء منتظم، خال من الانتفاضات (الاهتزازات)، عند الوصل (بدء السير)، وأن يكون مناسبا لسرعات السير العالية، وذا مقاومة بلى عالية، كما يجب أن يكون تشغيله سهلا وسريعا. أما بالنسبة للقوابض المستخدمة في سيارات الأغراض العامة (سيارات النقل والخدمات)، فيجب أن تتصف، في المقام الأول، بطول عمرها وكبر مقدرتها على نقل القوى. فعندما تصل نسبة القدرة إلى الوزن إلى القيمة 5,88 kW/t، لشاحنة ذات مقطورة وزنهما الكلي المسموح به 38 t، يصل عزم الدوران إلى 1200 Nm.

أن تكرار استعمال القابض في الفصل والوصل لكل كيلومتر واحد، قد زاد زيادة كبيرة نتيجة ارتفاع كثافة المرور، تبعا لطريق السير ونوع المركبة. فتكون القيمة المتوسطة لتكرار استعمال القابض بسيارة ركوب ذات قدرة دون 66 kW، حوالي 15 مرة لكل كيلومتر واحد. بينما تصل القيمة المتوسطة لتكرار الاستعمال لحافلات المدينة إلى ضعف هذا الرقم. وتتراوح قيم تكرار استعمال القابض للسيارات والمركبات العاملة بين المدن وعلى الطرق السريعة، بين 0,8/km و 1,0/km.

٥ – ١ – ٢ التصميمات المختلفة للقوابض

في مجموعات القوابض التي تشغَّل بالقوة العضلية، والقوابض العاملة بالقوة الطاردة المركزية، يتم نقل عزم الدوران عن طريق أسطح احتكاك مضغوطة على بعضها البعض، بينما تستخدم أيضا في الأنواع الأخرى من القوابض قوى القصور الذاتي للموائع، أو قوى كهرومغنطيسية.

القوابض ذات إمكانية فصل القوة المنقولة	
قوابض مشغلة بالقوة العضلية (وبمساعدات تشغيل هيدرولية، أو تعمل بضغط الهواء، عند الضرورة):	قوابض ذات تشغيل تلقائي:
قوابض مفردة القرص ذات نوابض لولبية	قوابض تعمل بالقوة الطاردة المركزية
قوابض مفردة القرص ذات نوابض غشائية	قوابض هيدروديناميية
قوابض مزدوجة القرص (بنوعي النوابض)	قوابض كهرومغنطيسية
قوابض متعددة الأقراص	قوابض مركّبة



١٦١ – ١ كباس كامل التجميع مع أجزاء منع التسرب وقرص الطرد المركزي. ويمكن التعرف على كل من الترس الحلقي لمسننات التزامن وجلبة محمل الكباس بداخله.

١٦١ – ٢ تعمل كل من شريحة منع التسرب ومسامير وشرائط منع التسرب على منع تسرب الغازات بين الكباس من جهة، والأجزاء الجانبية وبالتالي الجزء البيني من جهة أخرى. ويعمل مانع التسرب المركزي (مانع تسرب الزيت) على منع تسرب الزيت إلى غرف الشغل. ولا يبين الشكل حلقات الكباس التي تمنع تسرب الزيت بين الكباس وقرص الطرد المركزي وكذلك بين الكباس وعمود الإكسنتريك.



الجزء البيني (المتوسط) (شكل ١٦٠ – ٤): يوجد هذا الجزء في المحركات متعددة الأقراص فقط. وهو يُشكّل سطح غلق لغرف الشغل من الداخل كما يسري بداخله ماء التبريد.

ويوجد في مركز الجزء البيني منطقة حلقية لتجميع الغازات المتسربة من الخلوص بين الكباسات والأجزاء الجانبية. ويضمن صمام الغازات المتسربة حدا أقصى للضغط قدره 0,25 bar فوق الضغط الجوي، إذ يعمل هذا الضغط الزائد على استقرار حشيات إحكام حلقات الكباس في موضعها الصحيح بالمجرى الخاص بها.

ويسمح صمام الغازات المتسربة لهذه الغازات بالتدفق من خلال القميص 1 – عند ضبطه عند وضع معين (أنظر شكل ١٥٩ – ٢) – إلى حيز تهوية المحرك، ومنه إلى أنبوب السحب. وبهذه الطريقة لا يتلامس الزيت – المستعمل في التزليق والتبريد الداخلي للكباسات – مع غازات العادم أو بقايا الاحتراق.

الجزء الجانبي في مقدمة المحرك (شكل ١٦٠ – ٥) ويفصل هذا الجزء جانب تشغيل المحرك عن القابض. وهو يحمل شفة المحمل في مقدمة المحرك بواسطة الترس الثابت، الذي يتدحرج عليه التسنين الداخلي للكباس 2، للقيام بوظيفة التحكم.

مجموعة الإكسنتريك: تناظر مجموعة الإكسنتريك في وظيفتها مجموعة المرفق في المحرك ذي الكباس الترددي. وهي تتكون من عمود الإكسنتريك والكباس بجميع أجزائه وكتلة موازنة تدور خارج غطاء الأجهزة وقرص تدوير موجود في مقدمة المحرك. ويحتوي هذا الأخير على قرص موازنة ثان.

عمود الإكسنتريك (شكل ١٦٠ – ٦) وهو يحمل – من جهة الأجهزة – كتلة الموازنة وبكرة سيور تدار بواسطتها كل من مضخة المياه والمروحة ومولد التيار ثلاثي الأطوار والمضخة الهيدرولية، كما يحمل أيضا جلبة بينية (متوسطة) وترسا أسطوانيا عدلا ذا أسنان مائلة (شكل ١٥٨ – ١) لإدارة كل من مضختي الوقود والزيت وموزع الإشعال وكذلك المحمل الدليلي الموجود أمام شفة المحمل الرئيسي. وتنزلق جلب محامل الكباسات على أسطح التحميل بالإكسنتريك، والتي يتم تجليخها بدقة. ويتم تجويف مجرى عميق على جانب الجزء البيني، توضع فيه حلقة الكباس الخاصة بمنع تسرب الزيت. ويلي الإكسنتريك 2 المحمل الرئيسي في مقدمة المحرك وحلقة منع تسرب نصف قطرية مبيّتة في شفة المحمل وكذلك عجلة حذافة مبرشمة بقرص تدوير مربع (شكل ١٥٨ – ١). ويوجد على هذه الحذافة علامات النقط الميتة وتوقيت الإشعال. وعند استعمال محوّل، يمكن الاستغناء عن استخدام حذافة خاصة.

الكباسات (شكل ١٦١ – ١): تصنع الكباسات من حديد الزهر الطروق وتحمل على الإكسنتريك بواسطة محمل كبير ذي ثلاث طبقات (معادن). وتنقل الكباسات عزم الدوران الناتئ عن ضغط الشغل مباشرة إلى الإكسنتريك.

ويتم التحكم في حركة الكباس بواسطة مسننات متزامنة، بحيث تتحرك أركان الكباس على منحنى مجلي (تركويدي). وتوجد هذه المسننات في الترس الحلقي في جانب الكباس، والمثبت بالكباس بواسطة مسامير ملولبة. كما توجد تجاويف بجوانب الكباس يؤثر حجمها على نسبة الانضغاط.

أجزاء منع التسرب (شكل ١٦١ – ٢). ظل منع التسرب من غرف الاحتراق ومن غرف الزيت بالمحرك ذي الكباس الدوار، يشكّل المشكلة الرئيسية لفترة طويلة، إذ إن الغرف المطلوب إحكامها ليست أسطوانية الشكل، كما هو الحال في المحركات الترددية. ولقد تطلب ذلك إجراء تجارب عديدة لتطوير طريقة لمنع التسرب دون عيوب. وتنقسم أجزاء منع التسرب إلى ثلاث مجموعات:

منع تسرب نصف قطري (شعاعي) بين القميص والكباس، وهو يتم بواسطة شرائح منع تسرب تثبت بخلوص ضئيل داخل مجار في أركان الكباس. وتصنع شريحة منع التسرب من مركب من المعدن والخزف – ويسمى فيروتيك (Ferrotic) – في صورة شرائح مجزأة، لإمكان معادلة تغير الشكل بالحرارة. وتضغط هذه الشرائح على مسار الدوران بالدثار بواسطة نابض عند بدء التشغيل، وبواسطة ضغط الغازات أثناء تشغيل المحرك.

منع التسرب من أسطح الجبهات أو منع التسرب الخارجي: يتم منع التسرب الجانبي من كل جهة للكباس بواسطة ثلاثة مسامير منع تسرب وثلاثة أو ستة شرائح منع تسرب. وتعمل مسامير منع التسرب المشقوقة على تثبيت شرائح منع التسرب هذه بشرائح منع التسرب الشعاعية. وتنضغط هذه المسامير مع سطح جبهة الكباس، على الجدار الجانبي المبيت، بواسطة ضغط الغازات.

منع التسرب الداخلي: يمنع تسرب الزيت بين الحيز الداخلي للكباس وغرف التشغيل، بواسطة مانع تسرب خاص بالزيت يتكون من جزئين، يتم في الجزء الأول منع تسرب الزيت المركزي والشعاعي (المحوري) بين الكباس والمبيت بواسطة حلقة كباس بنابض مقوس، وفي الجزء الثاني تستعمل أيضا حلقات كباس لمنع تسرب الزيت بين عمود الإكسنتريك والأجزاء الجانبية للمبيت. وتفصل هذه الحلقات الزيت الموجود على شفة المحمل وفي داخل الكباس عن غرفة منع التسرب البينية (المتوسطة).

٤ - ٦ - ٢ دورة الزيت

بالاضافة إلى وظائف الزيت المعتادة في المحركات الترددية، يستعمل الزيت في المحرك المزدوج ذي الكباس الدوار، لنقل القوة في محول عزم الدوران. وتستعمل لهذا الغرض مضخة ذات تروس مزدوجة (مضخة ذات تروس عريضة وأخرى صغيرة العرض)، ويقوم أنبوب بوصل زوج المسننات صغير العرض (شكل١٥٨ - ١) - بصورة مباشرة - بالمحول الذي يدار بواسطة زيت المحرك. وتعود كمية الزيت الخارجة من هذا المحول إلى حوض الزيت من خلال غرفة الزيت الخاصة بالجزء الجانبي في مقدمة المحرك. ولتزييت المحرك، يتدفق خلال قناة الزيت الرئيسية الموازية لمحور المحرك، حتى يصل إلى الجزء الجانبي من مؤخرة المحرك. وتتولى قناة الزيت الرئيسية تغذية المحملين الرئيسيين بالزيت أولا ثم محامل الإكسنتريك من خلال عمود الإكسنتريك. ويوجه الزيت الخارج منها إلى داخل الكباس لتبريده. وأخيرا يخرج الزيت من الكباس تحت تأثير قوى القصور الذاتي، ويتدفق عبر الأجزاء الجانبية في كل من مقدمة ومؤخرة المحرك، عائدا إلى حوض الزيت.

ويتفرع جزء آخر من الزيت عند الجزء الجانبي في مؤخرة المحرك لتزليق الأجهزة الموجودة في غطاء الأجهزة أولا، ثم يرد إلى مضخة تقنين الزيت. وتتولى هذه المضخة ضغط كمية معينة من الزيت عند جانب السحب بمضخة الوقود. وتتوقف هذه الكمية على وضع صمام الخنق وعلى سرعة دوران المحرك. ويعمل هذا الزيت على تزييت أجزاء منع التسرب بالكباس، كما يحدد استهلاك الزيت. أما باقي الزيت في المحرك فإنه يكاد لا يلامس غازات الاحتراق أو الرواسب، وذلك نتيجة للمنع الجيد للتسرب. ويكاد هذا الزيت أن يبقى غير مستعمل. أما تجديد الزيت فيتم بإضافة بعض من زيت جديد بصورة منتظمة. وبذلك فليست هناك حاجة إلى تغيير الزيت.

٤ - ٦ - ٣ التبريد

لما كانت هناك أجزاء في المحركات ذات الكباسات الدوارة تتعرض لغازات الاحتراق بصفة دائمة، دون أن يتاح تبريدها بالغازات النقية، فإن عملية التبريد في هذه الحالة تصبح معقدة وتحتاج إلى متطلبات خاصة، بالاضافة إلى أنه يجب تبريد الكباس الكبير، ويتم التبريد الداخلي بواسطة الزيت كما وصف بالفصل السابق. أما الأجزاء الثابتة فتبرد إما بالماء أو بالهواء.

تبرد الكباسات - في المحركات الصغيرة المبردة بالهواء - بواسطة الشحنة النقية من الغازات، التي توجه محوريا من خلال الكباس. وتسحب مضخة ماء التبريد - في المحركات المبردة بالماء - الماء من مشع ذي تدفق مستعرض وتدفع به في مجاري مصبوبة في غطاء الأجهزة. ويتدفق جزء صغير من ماء التبريد إلى الجزء الجانبي في مؤخرة المحرك ويمر خلاله. أما الجزء الأكبر منه فيتدفق خلال المبادل الحراري ويخرج منه ليختلط بكمية الماء القليلة الخارجة من الجزء الجانبي في مؤخرة المحرك. ويتدفق الماء بعد ذلك خلال الدثار ١ (أنظر شكل ١٥٩ - ٢)، ثم الجزء البيني والدثار 2، والجزء الجانبي في مقدمة المحرك، إذ يقوم بتبريد تلك الأجزاء. ويمكن توصيل مياه التبريد المتدفقة أو توصيلها مباشرة إلى الترموستات، باستعمال صمام منزلق في الدثار 2. ويتولى الترموستات (المنظم الحراري) فتح الطريق أمام مياه التبريد عندما تكون باردة لتصل مباشرة إلى مضخة الماء من خلال الجزء الجانبي في مؤخرة المحرك. أما عند ارتفاع درجة حرارة الماء إلى درجة حرارة التشغيل، فيقوم المنظم الحراري بفتح الأنبوب المؤدي إلى المشع.

٤ - ٦ - ٤ دورة الإشعال (نظام الإشعال)

تعمل دورة إشعال المحرك ذي الكباس الدوار تحت ظروف قاسية غير عادية، إذ يحدث الإشعال مرة واحدة مع كل دورة من دورات عمود الإكسنتريك. وتقع شمعة الإشعال تحت إجهادات حرارية عالية، نظرا لانعدام تبريدها بشحنة الغازات النقية. وقد أمكن التغلب على هذه الصعوبات بإدخال الإشعال الثايرستوري (Thyristor Ignition) وبتطوير شموع إشعال خاصة.

ويتم في دورة الإشعال هذه تفريغ مكثف مشحون بواسطة مبدل تيار مستمر لاتلامسي، ويحدث التفريغ في لحظة الإشعال عن طريق اللفيفة الأولى لملف الإشعال وعبر قاطع التلامس الموجود في موزع الإشعال، والذي يتحكم فيه ثايرستور (مفتاح إلكتروني).

مميزات المحرك ذي الكباس الدوار: يمكن موازنة كل من الكباسات وعمود الإكسنتريك. يتميز المحرك ذو الكباس الدوار على المحرك الترددي بالآتي:

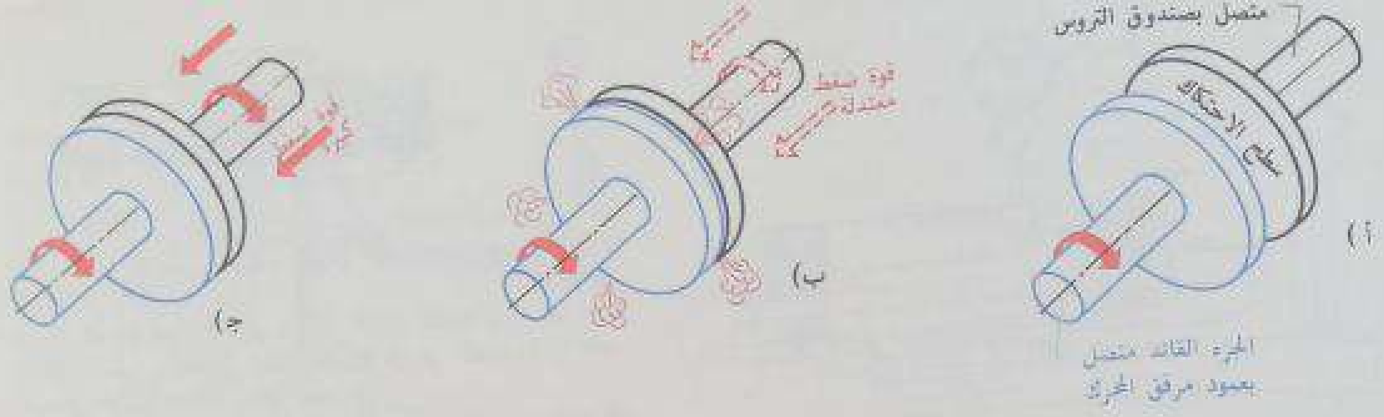
- يدور بهدوء، نظرا لانعدام وجود الأجزاء ذات الحركة الترددية.
- يمكن موازنة كل من الكباسات وعمود الإكسنتريك.

• يولد الكباس الدوار عزم دوران لزاوية مرفق قدرها °270 في كل دورة، بينما يقابل ذلك في المحركات الترددية °180 لكل دورتين من دورات عمود المرفق. وتعادل درجة عدم انتظام (Irregularity Degree) محرك مزدوج ذي كباس دوار، نفس درجة عدم انتظام محرك ترددي رباعي الأشواط ذي ست أسطوانات.
• يكون تركيب هذا المحرك الخفيف نسبيا بسيطا، وحيث أن التحكم في دخول وخروج الغازات يتم بواسطة الكباس ومجموعة فتحات، فإنه يمكن الاستغناء عن مجموعة التحكم بواسطة الصمامات، ومن ثم خفض تكاليف إنتاج هذا المحرك.
• يحتاج هذا المحرك إلى حيز صغير.

الملخص:
• هناك نوعان من المحركات ذات الكباسات الدوارة: محركات ذات كباس ومبيت دواران ومحركات ذات كباس دوار.
• يدور الكباس - في المحرك ذي الكباس الدوار - على مرفق حول مركز ثقله.
• يعمل المحرك ذو الكباس الدوار تبعا للدورة رباعية الأشواط.
• يتكون مبيت المحرك المزدوج من الجزء الجانبي في مؤخرة المحرك والدثارين والجزء البيني والجزء الجانبي في مقدمة المحرك - ويربط غطاء الأجهزة بالمبيت بواسطة مسامير ملولبة.
• تصنع الأجزاء الجانبية والجزء البيني من حديد الزهر الرمادي. وتصلد الأسطح التي تتلامس مع الكباس أثناء دورانه (أسطح التشغيل) بالتيارات الحثية.
• يصنع الدثار من معدن خفيف (سبيكة ألومنيوم)، ويبطن سطح التشغيل بطبقة سهلة الانزلاق مثل سبيكة نيكل.
• يعمل ضغط الغازات المتسربة - الذي يبلغ 0,25 bar فوق الضغط الجوي - على استقرار حشيات الإحكام الخلفية في موضعها بالمجرى.
• تتكون مجموعة الإكسنتريك من عمود الإكسنتريك والكباس وكتلة الموازنة وقرص التدوير بكتلة موازنة ثانية.
• يشكل عمود الإكسنتريك مزدوج التحميل بالحدادة بالمطرقة الساقطة. وتبلغ الزاوية بين كل إكسنتريكين متتاليين °180.
• تصنع الكباسات من حديد الزهر الطروق وهي تنقل عزم الدوران مباشرة إلى الإكسنتريك.
• يؤثر التقعر الموجود في كل جانب من جوانب الكباس على شبة الانضغاط.
• يتم منع تسرب الغازات في اتجاه نصف القطر بواسطة شرائح منع التسرب.
• يتم منع تسرب الغازات الجانبي بواسطة مسمار منع التسرب وشرائح منع التسرب.
• يتكون مانع تسرب الزيت من حلقات الكباس.
• يتولى زيت التزليق أيضا نقل القوة بمحول عزم الدوران.
• يبرد الكباس من الداخل بالزيت أو بالهواء.
• تبرد الأجزاء الثابتة بالماء أو بالهواء.

أسئلة:

١ - إشرح كلا من التسميتين: محرك ذو كباس ومبيت دواران، ومحرك ذو كباس دوار.
٢ - إشرح طريقة عمل المحرك ذي الكباس الدوار.
٣ - ما هي أجزاء مبيت المحرك؟
٤ - ما هي الأجهزة التي يحملها غطاء الأجهزة؟
٥ - صف طريقة إنتاج الأجزاء الجانبية للمحرك.
٦ - من أي المعادن تصنع الدثارات وأسطح تشغيلها؟
٧ - ما هي أجزاء مجموعة الإكسنتريك؟
٨ - أذكر مميزات المحرك ذي الكباس الدوار.



١٦٥ - ١ نقل عزم الدوران بواسطة الاحتكاك.

أ) لا تزال أجزاء القابض مفصولة عن بعضها. ولا يوجد اتصال لنقل القوى بين المحرك وصندوق التروس.

ب) إقتراب بقوة معتدلة في البداية. يدور الجزء القائد بسرعة تكاد تكون ثابتة، ويأخذ معه الجزء المقود. بتأثير يزداد شيئا فشيئا. ويتحول الاحتكاك الانزلاقي إلى احتكاك التصاقي.

جـ) عند إتمام الوصل، يدور الجزءان سويا بنفس سرعة الدوران. حينئذ يتم نقل عزم الدوران الكلي للمحرك، إلا في حالة ما يقل الاحتكاك الالتصاقي في القابض لأسباب معينة (نتيجة وجود زيت على أسطح الاحتكاك، أو الاعوجاج الحراري).

٥ - ١ - ٣ القوابض الاحتكاكية

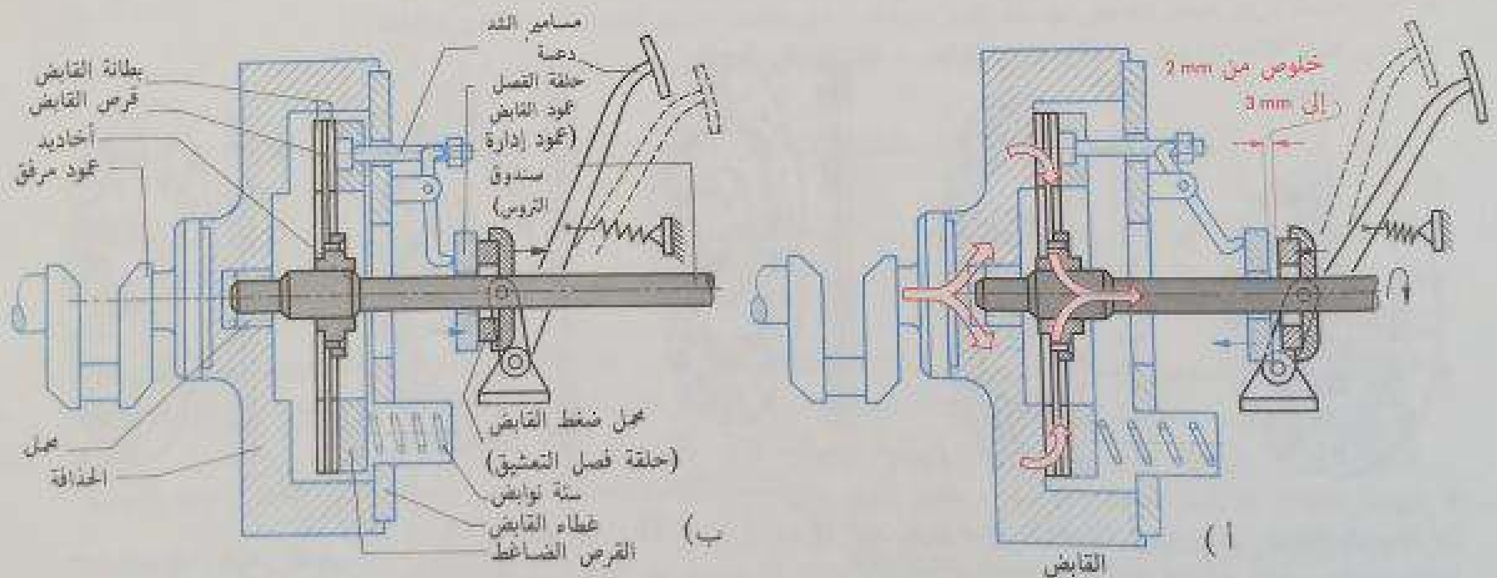
وتعمل إما كقوابض جافة، أو كقوابض مغمورة في زيت (قوابض الزيت، القوابض المبللة أو الرطبة). وتستلزم الأحمال الكبيرة بصفة خاصة، استعمال النوع الأخير، حيث يقوم الزيت كذلك بتبديد الحرارة الناتجة عن الاحتكاك.

والأجزاء الفعالة في القوابض الاحتكاكية هي: أسطح الاحتكاك، التي تضغط على بعضها البعض بواسطة نوابض. ويبين شكل (١٦٥ - ١) مبدأ عملها. ويكون الاحتكاك الالتصاقي المتولد بين الأسطح ذا أهمية خاصة، ويتوقف مقداره على:

- نوع المواد المتقابلة (المحتكة)
- درجة جودة أسطحها
- درجة حرارة البطائن
- قوة ضغط النوابض

وتعتبر النقطة المذكورة أخيرا عاملا حاسما بالنسبة للبلى، وبالتالي بالنسبة لعمر القابض.

وتبلغ قيمة الضغط المسموح به على الأسطح من 20 N/cm² إلى 50 N/cm²، للبطائن التي يدخل الأسبستوس في تركيبها. وكان يعطى في الماضي مقدار عزم الدوران (M) الممكن نقله بأمان، عن طريق ترقيم أنواع القوابض، فعلى سبيل المثال كان الترقيم K 12، يعني عزم دوران قدره M = 120 Nm. أما اليوم فتُعطى أقطار الأقراص كرمز بديل.



١٦٥ - ٢ تسمية أجزاء القابض الجاف مفرد القرص وأسلوب عمله.

أ) حالة الوصل (الإقران): يقوم المبيت - المثبت بالحذافة بوساطة مسامير ملولبة - بإدارة القرص الضاغط، الذي يضغط بدوره قرص القابض على الحذافة، تحت تأثير قوة ضغط النوابض. وتبين الأسهم الحمراء مسار انتقال القوة.

ب) حالة الفصل: يؤدي الضغط على دعسة القابض إلى تحريك كل من جهاز فصل التعشيق، والأطراف الداخلية لروافع الفصل، مبتعدين عن القرص الضاغط (المقود). وبالتغلب على القوة الضاغطة للنوابض يتحرك القرص الضاغط بعيدا عن قرص القابض الدوار (المقود)، وينفصل مسار انتقال القوة.



١٦٦ - ١ النص الأصلي لتعليمات القياس الصادرة عن إحدى الشركات المنتجة :

شروط عامة : يجب الالتزام بشروط القياس المتبعة في ضبط جودة الإنتاج التكني، لفحص ارتفاع الضبط لروافع القوابض، ولاختبار الترحيل المحوري لنهايات روافع الفصل.

وتعطي طرق القياس التي لا تتبع فيها أساليب الاختبار هذه، قيما خاطئة. ولا يعترف بأي شكاوى قائمة على قياسات لا يعتد بطريقة إجرائها.

شروط القياس :

١ - يجب أن يكون سطح الاحتكاك R للحذافة (أو لتجهيزة الاختبار) موازيا لسطح التثبيت A للقابض.

٢ - يجب أن يكون عمق الحذافة Z مطابقا لتعليمات المنتج.

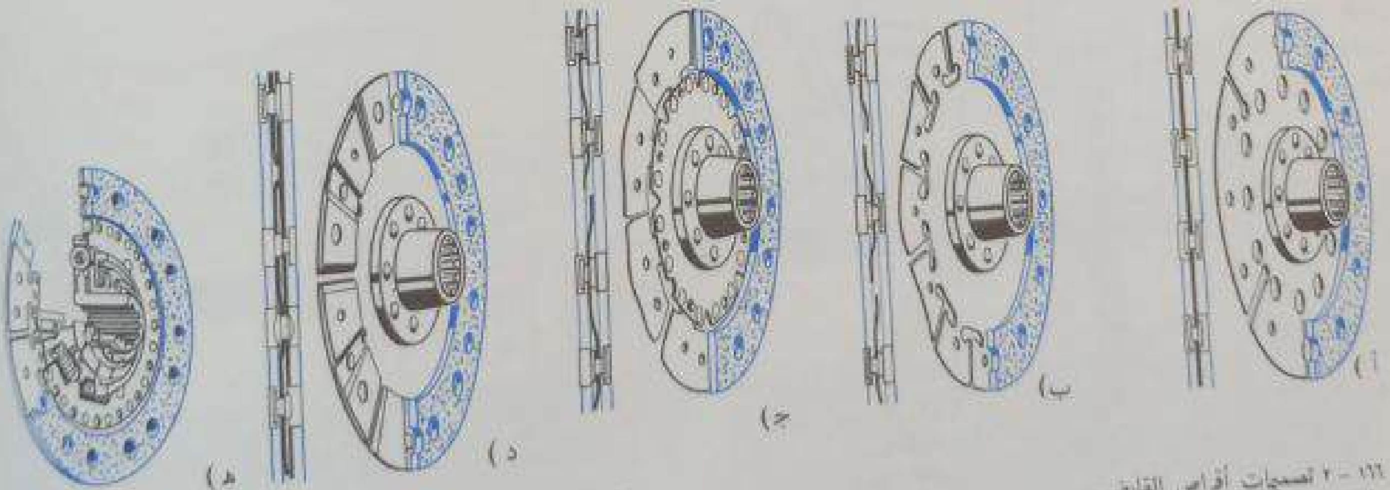
٣ - يُستخدم قرص قياس مستو، متوازي الوجهين سمكه S، في مكان قرص القابض. (ويمكن أيضا استخدام كتيلات أو لقم قياس، تثبت بمسامير ملولبة، حسب الاختبار). ويكون مقاس السمك S معادلا للقيمة المتوسطة لسمك قرص القابض، في حالة انضغاطه. ولا يجوز استخدام قرص القابض كوسيلة مساعدة للقياس، لأن التفاوتات المسموح بها المفردة لبطائن الاحتكاك والقرص الحامل، تؤدي إلى وجود انحرافات كبيرة للغاية في نتائج القياس. كما قد يتسبب عدم الاستواء البسيط في البطانة (الذي لا يتلاشى إلا بعد تشغيل المركبة لفترة قصيرة)، في أن يبدو ضبط كل من حلقة الفصل وروافع فصل القابض، مائلا.

٤ - بعد إتمام تثبيت القابض في الحذافة بواسطة المسامير الملولبة، تضغط روافع الفصل بعدد يختلف من خمس إلى عشر مرات، حتى تستقر جميع الأجزاء المتحركة استقرارا سليما في مواضع ارتكازها. وتضبط مسامير شد الروافع Z إلى الخارج، وهذا هو الوضع الذي تتخذه هذه المسامير - بفعل القوة الطاردة المركزية - عند دوران الحركة. ومن غير المسموح به، قياس قابض غير مثبت، حتى ولو كان ذلك من قبيل المقارنة، إذ لا يمكن بهذه الطريقة تكوين صورة واضحة سواء عن الترحيل المحوري لحلقة الفصل، أو عن التحميل المسبق للنوابض الرئيسية للقابض.

٥ - حينئذ يقاس ارتفاع ضبط الرافعة H. وبالتدوير البطيء للحذافة، يمكن - في نفس الوقت - تحديد الترحيل المحوري X لروافع القابض، وتركب ساعة القياس، بحيث تلامس منتصف الحلقة تقريبا. أما بالنسبة للقوابض التي يحدث الفصل فيها عن طريق كريات، فتوضع حلقة فوق أطراف الروافع لقياس الترحيل المحوري.

٥ - ١ - ٤ القابض الجاف مفرد القرص ذو النوابض اللولبية

ويتكون من الأجزاء المبينة في شكل (١٦٦ - ١)، الذي يوضح أيضا أسلوب عمله. ويؤدي استبدال مجموعات القابض بكاملها، إلى تيسير أعمال الإصلاح اللازمة، ومع ذلك يجب التعرف على المقاسات التي يتحتم الالتزام بها (شكل ١٦٦ - ٢). كما يجب معاينة القابض،



١٦٦ - ٢ تصميمات أقراص القابض.

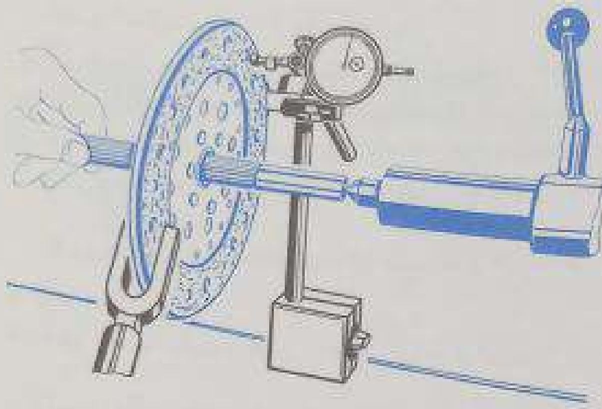
أ) قرص جاسئ، لا يمكن تجنب التشوه الناتج فيه عن حرارة الاحتكاك، ويتم التغلب على هذه الظاهرة، بعمل شقوق شعاعية في القرص. ومن المؤثرات غير المناسبة على توزيع التحميل، اختلاف سمك بطائن القرص.

ب) قرص مرن مشقوق أسفل البطانة، مع تقوس ألسنة القرص الناتجة عن الشقوق. بيد أن التوسيد المحوري الذي يمكن التوصل إليه، لا يزال غير كبير، لأنه يعتمد أساسا على القرص الحامل. لا توفر مقاس معين، بسبب شكل الشقوق، ووجود ثقوب البرشمة.

جـ) قرص مرن شائع الاستعمال. تُبرشم القطع المموجة المصنوعة من فولاذ النوابض المصلد، فوق قرص ذي قطر أصغر. وتحمل حلقات البطانة أولا على هذه القطع.

د) تركب شرائح نابضية رقيقة بين القرص والبطانة، بحيث تبرشم من جانب مع القرص الفولاذي، ومن الجانب الآخر مع البطانة.

هـ) قرص ذو مخمد التوائي، وفيه تتلقى النوابض الاهتزازات. إلا أنه يجب تخميد هذه النوابض، حتى يمكن تجنب الاهتزازات الحرجة (الرنين). وتقوم بهذه الوظيفة أقراص الاحتكاك المرتبة حول الصرة. وتستخدم في بعض الأحيان، أزواج من النوابض ذوات قوى ضغط متباينة.



١٦٧ - ١ اختبار عدم الاستواء الجانبي (الرفة) لقرص قابض: يركب القرص على شياق الاختبار، ويدار على مخرطة أو تجهيزة مشابهة، باليد اليسرى. وتعدل المواضع التي تبين عندها ساعة القياس، انحرافا يزيد عن 0,5 mm، باستعمال شوكة استعدال تمسك باليد اليمنى.

عند كل كشف دوري على المركبة. ورغم اختلاف أنواع القوابض، إلا أنه يمكن تحديد عيوب معينة فيها، باتباع أساليب متشابهة. لذا سوف يقدم عرض ملخص لهذه الأساليب، بعد شرح القوابض (قارن بند ٥ - ١ - ٨).

وبالنسبة لأقراص القابض، فيمكن التمييز بين ثلاثة تصميمات هي: أقراص جسيئة، وأقراص موسدة بنوابض في الاتجاه المحوري، وأقراص موسدة بنوابض في الاتجاه المحوري مع مخمدات التوائية (شكل ١٦٦ - ٢). ويقتصر استخدام الأقراص الجسيئة على المحركات الثابتة (أي غير المتنقلة). أما في صناعة المركبات الآلية، فتستخدم الأنواع الأخرى، حيث يؤدي تضاغط الأقراص - بحوالي 0,6 mm إلى 1,2 mm، نتيجة للتوسيد المحوري - إلى نقل عزم الدوران تدريجيا، وتوزيع الحمل بطريقة أفضل.

ويتكون المخمد الالتوائي الإضافي من جزئين يعملان بطريقة مستقلة عن بعضها البعض، هما نوابض اللي وتجهيزة الخمد. وتصبح مثل هذه التصميمات ضرورية، عندما ينتقل الدوران غير المنتظم للمحرك، إلى صندوق التروس مسببا انبعاث ضوضاء، نتيجة لاهتزازات الرنين، التي تنشأ عند دوران التروس معشقة مع بعضها دون تحميل. وتبدو هذه الظاهرة جليا في صناديق التروس، عندما تكون ساخنة، أكثر منها عما لو كانت باردة، إذ تقل لزوجة الزيت.

ويمكن تمييز هذا النوع من الأقراص، نظرا لاحتوائه على نوابض انضغاط لولبية مرتبة في نوافذ محيطية بين قرص البطانة والصرة. وتوجد إلى جانب ذلك تصميمات أخرى، تحتوي على قطع مطاطية ذوات مرونة التوائية.

وعند تركيب قرص القابض، يجب أخذ النقاط الآتية في الاعتبار:

- يختبر القرص من حيث عدم الاستواء الجانبي، الذي يجب ألا يتعدى 0,5 mm كحد أقصى. وكثيرا ما يتسبب النقل والتخزين، في ظهور هذا العيب. ويبين شكل (١٦٧ - ١) كيفية إجراء هذا الاختبار.
- يجب أن يكون من الممكن إزلاق قرص القابض بسهولة، على أخاديد عمود إدارة صندوق التروس. وإذا كان التزليق ضروريا، يستعمل زيت عالي اللزوجة، بحيث لا يمس البطانة.
- يجب ضبط تمركز قرص القابض بواسطة عمود مساعد، قبل تثبيت القرص الضاغط بالمسامير الملولبة.
- يجب عدم الاضرار بمجاري صرّة قرص القابض، عند إدخال عمود إدارة صندوق التروس، وإلا طرأت مصاعب في المستقبل، عند فصل القابض.

ويجب أن تكون مواد حلقات البطانة، ذات مقاومة عالية للحرارة والبلى، كما يجب أن يكون معامل الاحتكاك ثابتا إلى أقصى حد ممكن.

ورغم عدم معرفة البيانات والمعطيات الدقيقة من الجهات المنتجة (أسرار صناعية!)، فمن المعروف أن هناك أكثر من مائة نوع متباين من المواد، التي يمكن خلطها بكميات مختلفة لإنتاج البطائن، وينحصر المجال المحدود بين الخلطات العادية للبطائن، في حوالي 15 إلى 20 نوعا، أهمها:

- ألياف الأسبستوس: وهي المنتج النهائي، بعد معالجة نوع من الصخر مقاوم للحرارة، يغلب وجوده في كندا وروسيا وجنوب أفريقيا. ويتركب الأسبستوس الكريزوتايلي (Chrysotile) - وهي التسمية الدقيقة له - من ألياف لينة كالحرير، ذات مرونة وقابلية انحناء عاليتين، ويمكن غزلها ونسجها مثل الألياف النباتية والحيوانية تماما. وتتميز هذه المادة بتأثير احتكاكي كبير.
- صوف الفولاذ وصوف النحاس الأصفر: يؤدي توزيع مثل هذه الألياف المعدنية في حزم البطائن، إلى تحسين التبديد الحراري بالاضافة إلى زيادة المقاومة. وبالتالي يمكن الحفاظ على قيم معامل الاحتكاك، عند درجات الحرارة العالية أيضا.
- المطاط الاصطناعي والراتنجات الاصطناعية: وتقوم هاتان المجموعتان من المواد، في المقام الأول، بوظيفة وسيط الربط للأجزاء الأخرى. وبالرغم من أنها تسهم أيضا في رفع قيمة معامل الاحتكاك. ويفضل استخدام راتنجات التصلد بالتسخين (الديوروبلاست)، وخصوصا راتنجات الفينول.
- مواد الحشو: إن الفرض القائل بأن الكاولين أو الطلق أو الجرافيت أو السليولوز، لا تستخدم إلا كمواد باسطة أثناء عملية الخلط، هو قول غير صحيح، إذ إن هذه المواد نفسها تحقق أغراضا أخرى معينة، مثل إعاقة تبخر بعض المواد الأخرى، عند درجات حرارة التشغيل العالية. كما أن لها تأثير مضاد لتشوه حلقات البطانة. وتختلف درجة حرارة البطائن، عند التحميل العادي من 80°C إلى

وتتبع أساليب مختلفة لإنتاج البطائن:
- النسج: نسج أسبستوس بتصفيح معدني (يستخدم غالبا لبطائن الفرامل). أما أساليب الإنتاج فنيابة (لبطائن القوابض بوجه خاص).
- اللف: والمادة مشابهة لتلك المجهزة للنسج. يجرى تشغيل لاحق بالدلفنة أو بالكبس، تبعا لأسلوب الإنتاج. وينتج عن
- الدلفنة والكبس: بعد المزج عند درجات حرارة معينة، يجرى تشغيل لاحق بالدلفنة أو بالكبس، تبعا لأسلوب الإنتاج. وينتج عن تعدد مواد الحشو (الملء) والإشراب الممكن استخدامها، وجود عدد غير محدود من أنواع بطائن القوابض وبطائن الفرامل.

كما تستخدم المواد الملبدة أيضا، في صنع بطائن الاحتكاك ومنها:
- مواد خزفية ملبدة.
- بطائن معدنية يكون النحاس والحديد أساسا في تركيبها.

وتسمى بطائن هاتين المجموعتين بالبطائن غير العضوية. ويسمى ما عداها بالبطائن العضوية.

وتتفوق المادة الخزفية على جميع المواد الأخرى، في مقاومة البلى. ونظرا لشدة قصافة هذه المادة وانخفاض متانتها رغم صلادتها، فإنها توضع داخل طاسات (صحاف) صغيرة، تبرشم على القرص الحامل (شكل ١٦٨ – ١). وتستخدم مثل هذه الأنواع من أقراص القابض أساسا للجرارات الثقيلة، ومعدات أشغال التربة.

كان استخدام البطائن المعدنية الملبدة مفضلا – فيما مضى – في القوابض التلقائية (الأوتوماتية)، غير أن استخدامها أصبح يقتصر – في الوقت الحاضر – على حالات خاصة.

غطاء القابض (راجع شكل ١٦٥ – ٢)، ويحمل روافع الفصل (الاعتاق)، مع مسامير الشد الخاصة بها، وكذا نوابض الضغط والقرص الضاغط. ويمكن التمييز في هذا الصدد، بين الأنواع ذات الأشكال المختلفة التالية:
- قرص فولاذي مستوي (ويسمى بالقرص المغطى)، ويكثر استخدامه لبساطة تصميمه، ويستخدم لأقراص القابض ذات الأقطار من 140 mm إلى 225 mm، وبهذا يكون مجال الاستخدام محدودا في سيارات ركوب الأشخاص الصغيرة والمتوسطة فقط.

  وقد يؤدي نقل عزوم دوران أعلى، إلى نقص في شوط الفصل، نتيجة تشوه القرص المستوي.
- تشكل أغطية القوابض متوسطة النقل على هيئة كرسي صغير ذي ثلاثة أرجل منفرجة متماثلة عريضة. وتصنع هذه الأغطية بالسحب العميق لصفيحة فولاذية. وتركب على حذافات مستوية تسمح بدخول قدر كاف من هواء التبريد.
- غالبا ما يستعمل غطاء مصنوع من حديد الزهر عالي الجودة في مجموعات الإدارة الخاصة بالخدمة الشاقة. وتبلغ عزوم دوران القوابض الكبيرة، التي تنقل القوى حوالي 1000 Nm وأكثر.

وتصنع روافع الفصل لآلية فصل القابض – في الطرازات الخفيفة – من صفيح مشكل بالكبس. أما في الطرازات الخاصة بالأحمال الأعلى فتنتج بالحدادة. ويكون ارتكازها بواسطة حواف حادة مصلدة. كما أن استعمال المحامل المتدحرجة، أو الدلافين لارتكازها، فهو من الأمور المألوفة أيضا.

وتسهم مجموعة من الأجزاء والمكونات الأخرى، في إطالة عمر القابض، أو خفض حساسيته لظروف التشغيل. فتقوم الأقراص العازلة للحرارة – المولجة بين القرص الضاغط والنوابض – بإعاقة هبوط قوة الضغط. كما يقاوم القرص الضاغط المعلق بواسطة نوابض ورقية، الاهتزازات الالتوائية للمحرك مقاومة فعالة.

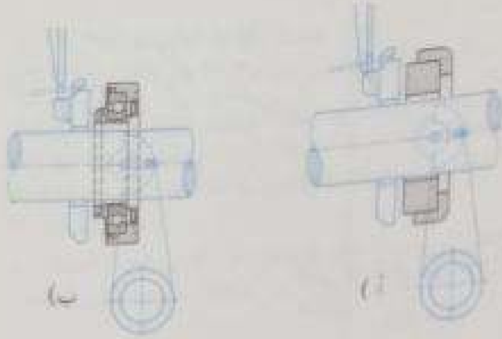
محامل الضغط أو فواصل القوابض (شكل ١٦٩ – ١). ويمكن إدراجها في طرازين:
- فاصل ذو حلقة جرافيتية للقوابض الصغيرة.
- فاصل بمحمل كريات للأحمال الكبيرة، وللمعدلات العالية، لتكرار الفصل والوصل.

يبين شكل الفاصل ذي الحلقة الجرافيتية، أن التجهيزة رخيصة وبسيطة، ولا تحتاج إلى تزليق. ومن الممكن أن تطول مدة صلاحيتها للاستعمال طولا مرضيا، عند التحميل العادي. ونظرا لشدة قصافة حلقات الانزلاق المضغوطة، يجب تركيبها داخل غلاف معدني، إلا أن ذلك لا ينقص من خواص أدائها، فالجرافيت نفسه يتمتع بصفات تزليق جيدة. ولتقليل البلى وخفض الاحتكاك، وبالتالي رفع القدرة على الانزلاق، تشرب الحلقة غالبا بزيت ساخن يتوغل في المسام ويعود إلى الارتشاح مرة أخرى، عند أي تسخين لاحق.



١٦٨ – ١ أقراص قوابض ذوات بطائن خزفية. تقبع مادة الاحتكاك نفسها في طاسات مثبتة في القرص الحامل، بمسامير برشام خاصة، على هيئة أزواج ظهرها إلى ظهر بعض. ومن المعلوم أن الطاسات ومعها البرشام، وكذا الخزف بطبيعة الحال، تتعرض كلها للبلى.

١٦٨ - ٢ طرازات مختلفة لحمل الضغط في القابض:
أ) نوع رخيص وبسيط ذو حلقة جرافيتية.
ب) فاصل بمحمل كريات يصلح للتركيب في مكان الفاصل ذي الحلقة الجرافيتية.

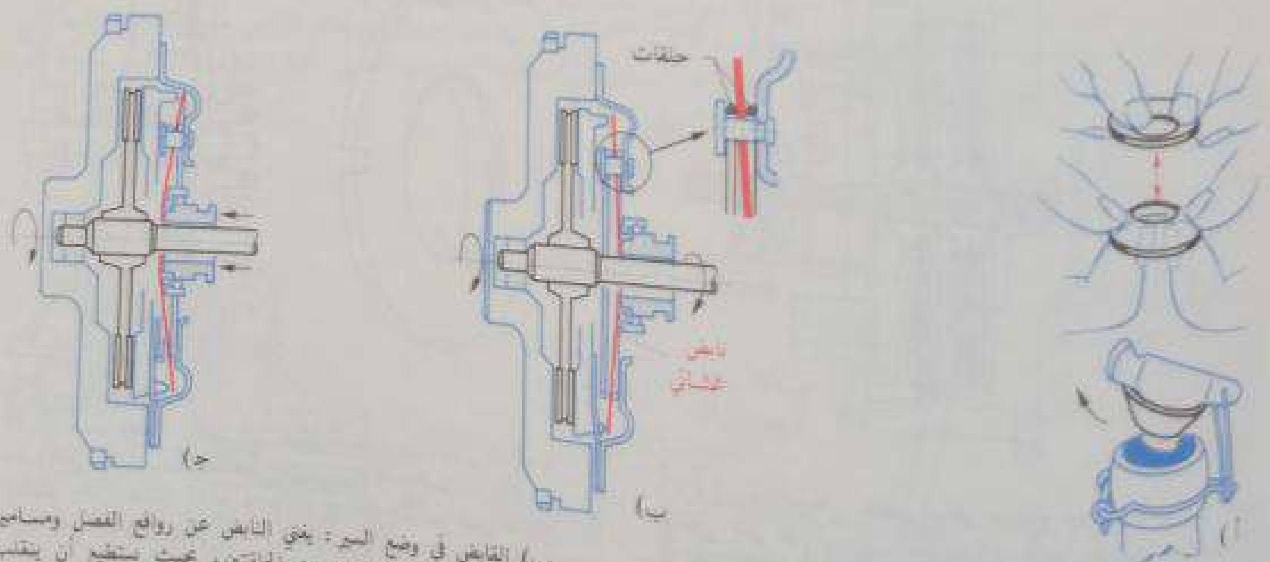


ويُستخدم طرازان للفاصل ذي محمل الكريات، عند استبدال حلقة جرافيتية - غالبا ما يمكن إجراء هذا الاستبدال - يستخدم تصميم بسيط نوعا ما، يمكن التعرف عليه، عن طريق حلقة الانزلاق الإضافية الصغيرة، التي تسمح بالحركة شعاعية الاتجاه، الناتجة عن التشغيل. أما النوع الأفضل، فتميزه الجلبة المنزلقة، التي تعطي إرشادا مركزيا عند فصل القابض، وتوفر بالتالي أفضل ظروف كيزانية، يكون فيها البلى ضئيلا بشكل ملحوظ. ومهما كانت درجة الوثوق بالتصميم، فقد يكون للإهمال عواقب وخيمة. لذا تجب مداومة الفحص الدقيق للفاصل ذي الحلقة الجرافيتية، من حيث البلى، والفاصل ذي محمل الكريات من حيث يُسر الحركة.

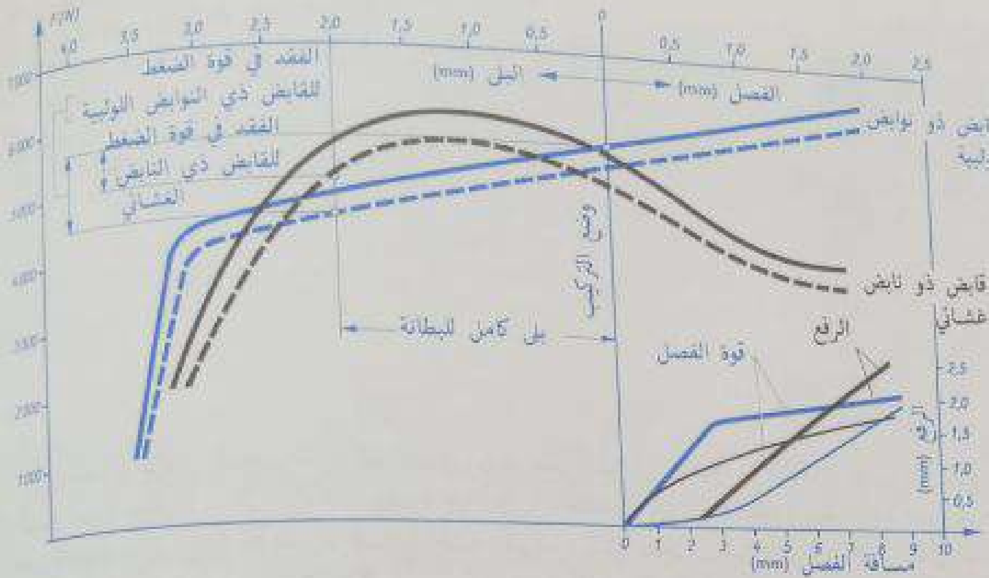
٤ - ١ - ٥ القابض الجاف مفرد القرص ذو النابض الغشائي (شكل ١٦٩ - ٢)

لا يوجد في هذا الطراز عيب القابض ذي النوابض اللولبية، ألا وهو تحدب النوابض اللولبية، عند منتصفها إلى الخارج، تحت تأثير القوة الطاردة المركزية، مما يؤدي إلى انخفاض قوة الضغط. أما المزايا الأخرى للنوابض الغشائية طبقية الشكل، ذات الثقوب الشعاعية فتشمل ما يلي:

- عدم الحساسية لسرعات الدوران العالية.
- الحصول على نفس قوة الضغط من تصميمات بأبعاد أصغر.
- قوة فصل أصغر، تتطلب قوة أقل لتشغيل الدعسة (شكل ١٧٠ - ١).
- عدم الحاجة إلى روافع الفصل (عدد أقل من الأجزاء المعرضة للبلى).
- غالبا ما يكون القرص الضاغط أكثر سمكا، وبالتالي يمتص كمية حرارة احتكاك أكبر.



١٦٩ - ٢ قابض ذو نابض غشائي.
أ) تسمح السدادة المطاطية للزجاجة بقلبها، وتسلط ضغطا (خفيفا) حتى منتصف المسافة في اتجاه السهم، وتتخذ السدادة المطاطية الشكل الجديد، من نقطة معينة تلقائيا. ويعمل النابض الغشائي على منوال مشابه.
ب) القابض في وضع السير: يخلو النابض عن روافع الفصل ومسامير الشد. ويثبت النابض بين الحلقتين، بحيث يستطيع أن ينقلب حولهما.
ج) القابض في وضع الفصل: يدور محمل الضغط الخاص بالقابض في هذا التمثيل، على ألسنة النابض مباشرة، وهي هنا مستقيمة.



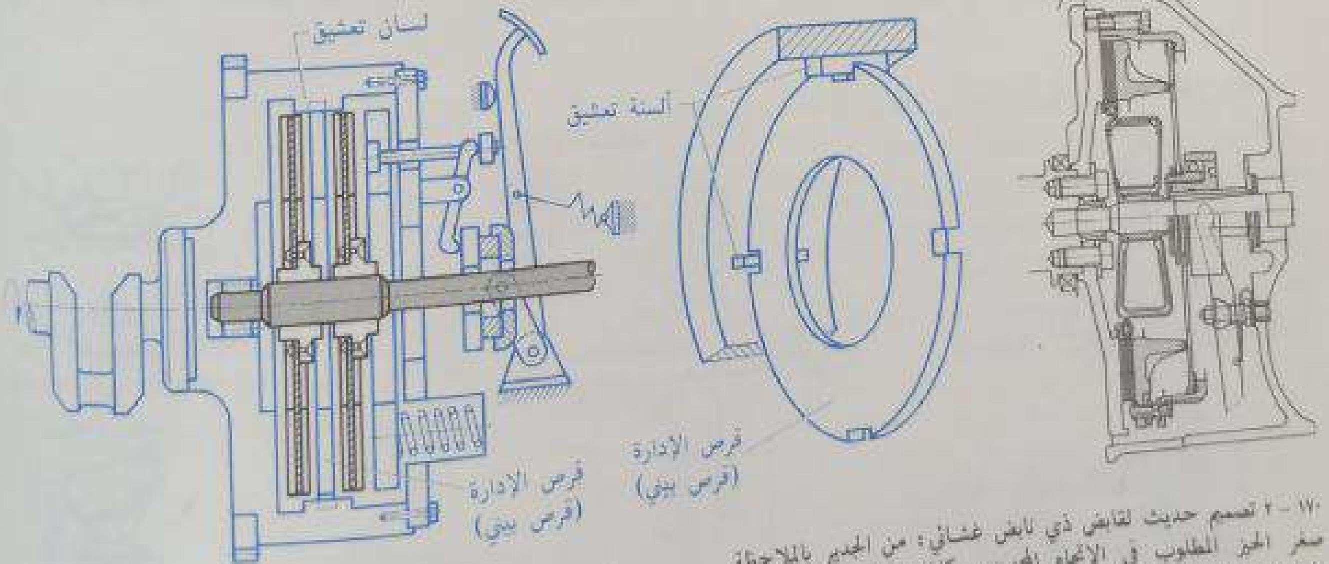
١٧٠ - ١ مخطط بياني قوة الضغط وقوة الفصل للقابض ذي النوابض اللولبية والقابض ذي النابض الغشائي. تنطبق الخطوط المتقطعة بعد فترة تشغيل، تعادل حوالي 15000 km، مع أخذ فقد التراخي الحراري في الاعتبار.

وكثيرا ما يكون من الممكن - عند القيم العالية لعزم الدوران - تركيب قابض مزدوج القرص ذي نابض غشائي يشغل نفس الحيز، الذي كان يتطلبه تصميم القابض مفرد القرص ذي النوابض اللولبية. وكنتيجة للثقوب المشغلة في النابض، تكون له ألسنة موجهة إلى الداخل. وتكون هذه الألسنة ذات تقوس خفيف، وقد تطلى بالكروم الصلد في بعض الحالات الخاصة، بقصد التوصل إلى عمر تشغيل أطول، إذ يرتكز محمل الضغط للقابض على هذه التقوسات مباشرة. وتستخدم في التصميات الأكثر تكلفة حلقة راكبة، يجب أن تكون موجودة دائما عند استخدام محمل الضغط المتأرجح.

وتتميز القوابض ذات النوابض الغشائية المطورة حديثا بصغر أبعادها بوجه خاص (شكل ١٧٠ - ٢).

٥ - ١ - ٦ القابض الجاف مزدوج القرص (الحقيقي) (شكل ١٧٠ - ٣)

يلزم استعمال هذا القرص، عندما تتعدى قيم عزم الدوران للتحميل المتوسط 600 Nm، وللتحميل العالي حوالي 800 Nm.



١٧٠ - ٢ تصميم حديث لقابض ذي نابض غشائي: من الجدير بالملاحظة صغر الحيز المطلوب في الاتجاه المحوري، كذلك المخمدات الانثوائية المطاطية ومحمل الضغط للقابض، ولا يتم في هذا التصميم فصل القابض عن طريق الضغط، أي بواسطة حركة المحمل في اتجاه الحذافة، وإنما يتم الفصل عن طريق السحب (الشد). فمحمل الضغط للقابض - وهي هنا تسمية غير موائمة - يتحرك في اتجاه صندوق التروس. وغالبا ما يكون التشغيل بواسطة نظام هيدرولي، مصمم بحيث تتم معادلة بلى البطانة ذاتيا.

١٧٠ - ٣ رسم تخطيطي لقابض جاف مزدوج القرص (حقيقي)، وليس بقابض ثنائي أو مزدوج. يمكن إزلاق قرص الإدارة - الذي غالبا ما يكون مصبوبا (مسبوكا) - على الألسنة في الاتجاه المحوري، وتثبت هذه الألسنة في بعض التصميمات بخوابير الانزلاق، وتثبت في الحذافة بواسطة مسامير ملولبة.

ويمكن في الواقع نقل عزوم دوران حتى 1000 Nm بقرص واحد، بيد أن قطر القرص سيبلغ عندئذ 450 mm، في حين يبلغ القطر 380 mm عندما يستخدم قرصان. وغالبا ما يؤدي الترتيب التراديفي إلى إنقاص شوط الفصل لكل من القرصين. وكثيرا ما يتسبب تزاوج الأقراص أو الاعوجاج الحراري الضئيل للبطائن في تعريض عملية الفصل السليم للقابض للمصاعب. ويمكن إبعاد القرص البيني في حالة الفصل، باستخدام تجهيزة إضافية مناسبة، مثل مجموعة من الروافع تعمل تحت تأثير نابض. ويكون القرص البيني في تصميات أخرى معلقا بنوابض ورقية بحيث تتساوى مسافات التباعد عند فصل القابض. ويتزايد استخدام النوابض الغشائية في هذا النوع من القوابض.

ويتم ضبط القابض مزدوج القرص بالطريقة المعتادة، طالما كان بلى القرصين متساويا. ومن الطبيعي أن تجرى عملية الضبط على فترات متقاربة. أما في حالة عدم تساوي البلى، يصبح إجراء عملية الضبط بوصلات تشغيل القابض غير ممكنا. حينئذ يجب استخدام أجزاء الضبط المخصصة لهذا الغرض، وهي غالبا ما تتكون من ثلاثة مسامير ملولبة فقط.

القابض الثنائي أو المزدوج: غالبا ما يمكن التعرف على هذا القابض - إلى جانب القابض مزدوج القرص الحقيقي - عن طريق الأقطار المختلفة لقرصي الإدارة. فالقرص المواجه للمحرك - وهو الأكبر كقاعدة عامة - هو جزء أساسي من قابض السير، بينما يدير القرص الآخر - الواقع على جانب صندوق التروس - إما عمود إدارة أو برميل خلط خرسانة أو جهاز مشابه. ويكون انتقال القوة عبر عمود أجوف. وبتشغيل دعسة القابض يتم أولا فصل قابض السير، ثم يفصل القابض الثانوي عند تجاوز نقطة ضغط معينة، أثناء الضغط على الدعسة إلى نهاية مداها. وعند فحص أو صيانة أو إصلاح هذه الأنواع من القوابض، يجب الاهتمام بمراعاة النقاط التالية:

- يجب أن يكون القرص البيني سهل الانزلاق على ألسنة التعشيق.
- يستخدم شياق محدد لإجراء عملية ضبط التمركز.
- يجب مراعاة الترتيب الصحيح، عند تركيب القابض وهو: القرص المواجه للمحرك ثم القرص البيني ثم القرص المواجه لصندوق التروس.
- لا يجوز إخراج الشياق المحدد إلا بعد تثبيت القرص الضاغط.

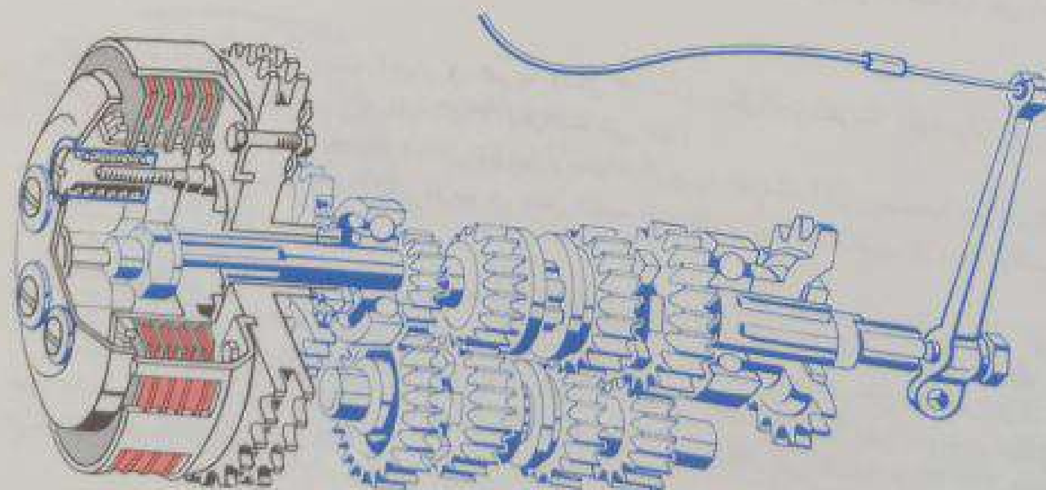
وهناك تعليمات خاصة للتركيب خلافا لذلك، تختلف تبعا لطراز القابض، مثل الإدخال الصحيح لجلبة زناقية (قمط) في القرص البيني، ومن الواجب قراءة كتيب تعليمات الشركة المنتجة للمركبات بعناية.

٥ - ١ - ٧ القابض متعدد الأقراص (شكل ١٧١ - ١)

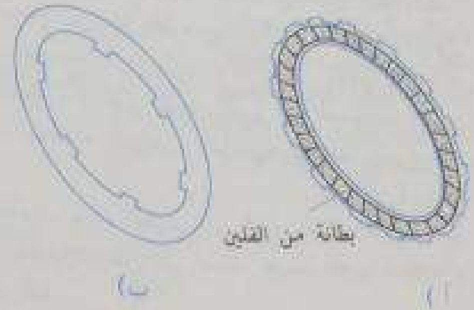
كثيرا ما يسمى أيضا بالقابض الرقائقي، ويعمل إما جافا أو في زيت. ويكون هذا القابض ذا قطر صغير ويشتمل على عدد كبير من أزواج أسطح الاحتكاك، ولا تجهز به سوى المركبات ثنائية العجلات (الدراجات النارية والدراجات النارية ذات الدال، الكبيرة منها والصغيرة كالمسماة موفا Mofa وموبد Moped).

وتثبت أقراص (رقائق) متباينة الأشكال (شكل ١٧٢ - ١ أ، ب) مع قفص القابض ومع الصرة بحيث تكون قابلة الانزلاق محوريا في مجار باستمرار (شكل ١٧١ - ١). ففي وضع السير تضغط مجموعة من النوابض - أو يضغط نابض مركزي - على مجموعة الرقائق لتضمها على بعضها البعض، حتى لا يكون هناك انقطاع في انتقال القوة. وبتشغيل القابض يتم التغلب على قوة النوابض وتتحرر الأقراص. ويمكن أيضا استبدال النوابض بروافع (شكل ١٧٢ - ٢). ويمكن لتجهيزات الفصل (الإعتاق) أن تتخذ أشكالا مختلفة.

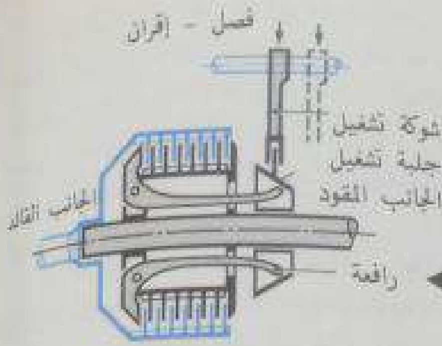
لم يعد الفلين يستخدم كمادة احتكاك للقوابض متعددة الأقراص إلا نادرا. ويغلب حديثا استخدام أقراص مصنوعة من خليط من الأسبستوس واللدائن الاصطناعية، كما تستعمل في بعض الحالات أقراص مصنوعة كلها من المعدن (فولاذ وحديد زهر أو سبيكة من النحاس والقصدير).



١٧١ - ١ قابض متعدد الأقراص لمركبة ذات عجلتين. ويتم التشغيل بواسطة رافعة عبر قضيب ضغط يمر خلال أحد أعمدة الإدارة.



١٧٢ - ١ أقراص (رقائق) مختلفة لقابض متعدد الأقراص.



١٧٢ - ٢ رسم تخطيطي لقابض متعدد الأقراص ذي رقائق فولاذية. وفيه يختلف جهاز الفصل عن ذلك المبين بشكل (١٧١ - ١)

وتتسم الرقائق التي تعمل في الزيت بقلة بلى الاحتكاك، كما أنها تتضاغط تضاغطا مرنا، كي تنقل عزم الدوران، مع افتراض دقة معينة أثناء عملية الإقران. بيد أن هناك صفة غير مناسبة هي التلاصق الجماعي في الحالة الباردة. وغالبا ما تختفي هذه الظاهرة سريعا، حيث يسبب الانزلاق عند البداية، تولد حرارة احتكاك سرعان ما تعطي الزيت اللزوجة المنشودة.

٥ - ١ - ٨ التفتيش على القوابض الاحتكاكية للتأكد من سلامة الأداء

يمكن اختبار الأداء السليم للقابض دون فكه، عن طريق إجراء الفحوص التالية:

- يكون فصل القابض سليما عندما يتيسر تعشيق السرعة الخلفية دون حدوث ضوضاء، بعد مرور حوالي ثلاث ثوان من لحظة فصل المحرك الدائر بلا حمل.
- ينزلق القابض تماما ولا يتوقف المحرك عن الدوران عند التشغيل المفاجئ للقابض، في حالة شد الفرملة اليدوية والتعشيق عند السرعة الثالثة، وعند سرعة دوران تتراوح بين 3 000 r.p.m. و 4 000 r.p.m.
- يجب أن يكون بالقابض ذلك الخلوص المحدد بالمواصفات والذي سبق شرحه في شكل (١٦٥ - ٢)، ويتراوح مقداره من 2 mm إلى 3 mm. وهو يقابل مشواراً غير فعال عند دعسة القابض يتراوح بين 20 mm و 30 mm تقريبا.

  ولهذه القاعدة شواذ، ففي القابض المبين بشكل (١٧٠ - ٢)، يجب ألا يترك خلوص، ومن ثم يلزم الإلمام الدقيق بتركيب القابض موضع الفحص.
- يجب أن يقوم نابض الإرجاع - وهو نابض شد - بإرجاع دعسة القابض دوما إلى وضعها الأصلي. ولا يجوز أن يتراخى النابض حتى يمكن تجنب ارتكاز الفاصل على الروافع.

ومع افتراض انتظام التفتيش والصيانة، يمكن للقوابض - بالرغم من كثرة تكرار التعشيق والفصل - أن تتحمل مسافات سير طويلة. أما الإهمال والتشغيل الخاطئ لهذا العضو في مجموعة نقل الحركة، فيؤديان إلى سرعة إتلافه.

٥ - ١ - ٩ الأجهزة المساعدة لتشغيل القابض

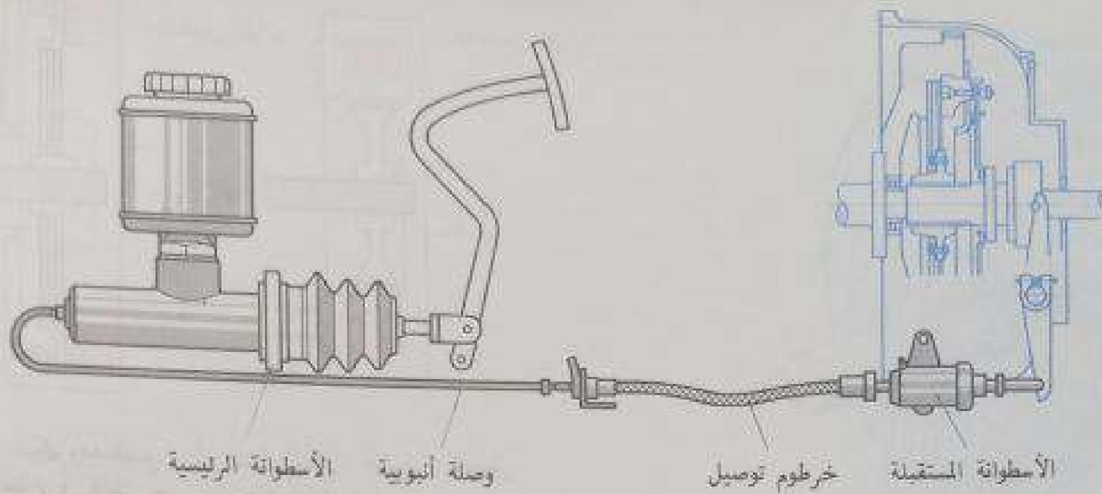
قد تظهر صعوبات في إدخال وتوصيل أذرع تشغيل القابض في المركبات ذات المحرك الخلفي، وكذلك في المركبات ذات المحرك الأمامي. وكما هو الحال في الفرامل (بند ٦ - ٦ - ٤) تستعمل أجهزة هيدرولية مساعدة، يمكن بواسطتها إحداث تقوية إضافية لقوة التشغيل. ونجد كذلك حلولاً مناظرة في طريقتها لمركبات الخدمات الشاقة، حيث يمكن الاستفادة من أجهزة الهواء المضغوط الموجودة بها أصلا في هذا السبيل.

التشغيل الهيدرولي للقابض: يشبه الجهاز في مجموعه (شكل ١٧٣ - ١) ومكوناته، الفرملة الهيدرولية في تركيبها وأدائها شبها كبيراً. ومع ذلك فإن هناك بعض الملاحظات الإضافية التي لا يمكن التغاضي عنها:

الأسطوانة الرئيسية (Master Cylinder) ويناظر تكوينها الأسطوانة الرئيسية للفرملة (قارن صفحة ٢٥١). إلا أنه غالبا ما لا يدخل صمام عدم الرجوع في التركيب. كما يوجد صمام قلاب في بعض التصميمات للقيام بوظائف ثقوب الإمداد والتعويض، وعند الفك يُعد هذا الصمام قبل إخراج الكباس.

ويجب أن يكون شوط رافعة القدم للأسطوانة الرئيسية محدودا بمصدين، فيحد أحدهما مسافة تشغيل القابض لتفادي الإضرار بها ويضبط الآخر الخلوص بين الكباس وذراعه بحيث يبلغ 0,6 mm فقط، على عكس ما هو متبع في الفرامل.

الأسطوانة المستقبلة، وتنقل القوة المتولدة في الأسطوانة الرئيسية الى رافعة فصل القابض. ويجب بالتالي أن تكون جيدة التثبيت، حتى يمكنها استقبال قوة فصل القابض كرد فعل. وتكون الأسطوانة بتجويفها غير النافذ مماثلة تماما لأسطوانة فرملة مجلة من طراز دوبلكس (Duplex) (أنظر شكل ٢٥١ - ٢).



١٧٣-١ التشغيل الهيدرولي للقابض. يقوم الصمام القلاب في الأسطوانة الرئيسية، بأداء نفس وظائف ثقوب الإمداد والتعويض في الأسطوانة الرئيسية للفرملة الهيدرولية. ويمكن أيضا نقل وعاء الإمداد المركب فوق الأسطوانة إلى موضع مناسب آخر. عندئذ يوصل بالأسطوانة الرئيسية بواسطة أنبوب بأكبر مقطع ممكن. ولا يجوز أن يقل انحدار هذه الوصلة عن 20%. وتنطبق هنا أيضا التعليمات المتعلقة بوصلات الفرامل والسوائل واستنزاف الهواء وما شابهها في البنود المناظرة لكل منها.

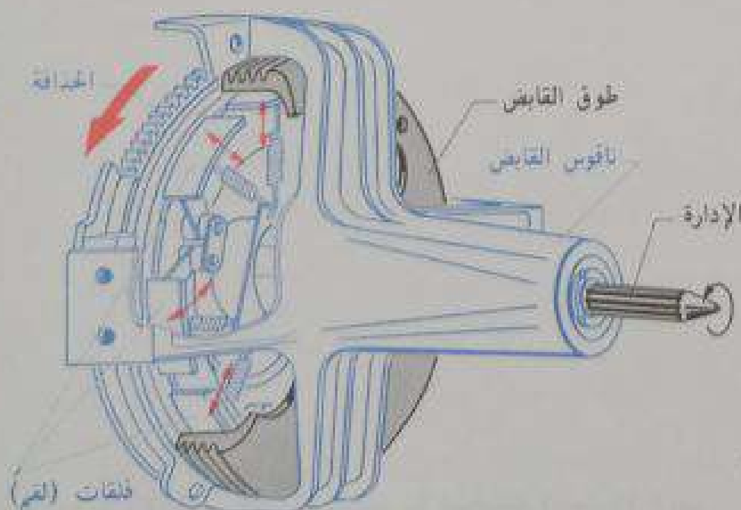
الوصلة الأنبوبية وخرطوم التوصيل: وهي لا تختلف في أي وجه من الوجوه عن تلك المستخدمة في الفرامل الهيدرولية (قارن بصفحة ٢٥٢).

تشغيل القابض بالهواء المضغوط والتشغيل المؤازر (Servo). لا يتيسر تشغيل القابض - ولا سيا إجراء عملية الإقران بدقة - بالاستعانة بالهواء المضغوط، إلا بصمام تحكم حساس يقوم بتحسس «نقطة القبض» تماما، كما يفعل المرء ذلك بقدمه. أما النقل الهيدرولي فيوفر قدرا معينا من إمكانية الاحساس هذه. لذلك فقد بقي استخدام تجهيزات التشغيل المؤتلفة للقوابض (تجهيزات المؤازرة)، مفضلا على استخدام تلك التي تعمل بالهواء المضغوط فقط. ويتم توصيل الضغط المتولد في الخط الهيدرولي إلى صمام هوائي في نفس الوقت، عن طريق صمام تشغيل مشابه تماما في مظهره الخارجي لصمام دعسة الفرملة (قارن بصفحة ٢٥٩). وعندما يفتح هذا الصمام، يتدفق الهواء المضغوط إلى كباس التشغيل الذي يؤازر بحركته الكباس الهيدرولي في الأسطوانة الرئيسية، وعند انقطاع الهواء لا يتم الإقران إلا بالطريق الهيدرولي البحت، مع استخدام قوة قدم أكبر. غير أن هذه التجهيزة المؤتلفة لم تجد انتشارا كبيرا.

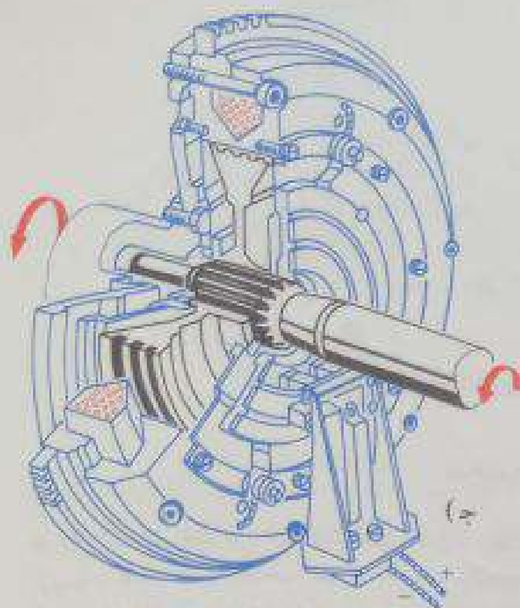
٥-١-١٠ القوابض ذاتية التشغيل

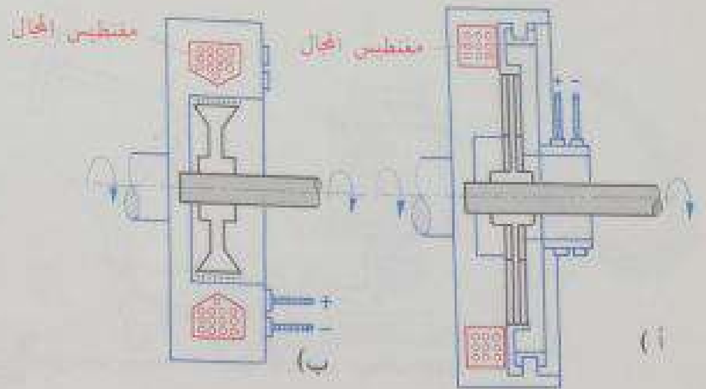
تلقى هذه المجموعة اهتماما أكبر، كلما زاد انتشار استخدام صناديق التروس الأوتوماتية، وكلما زادت الرغبة في رفع حمل التشغيل عن السائق، وتوجد حلول ميكانيكية بسيطة في هذا المجال إلى جانب النظم الهيدرولية والكهرومغنطيسية التي تزيل التحديد القوي القاصل، الماثل حتى الآن بين القابض وصندوق التروس.

قابض القوة الطاردة المركزية: ويستغل القوة الطاردة المركزية لأثقال صغيرة نسبيا، يمكنها التحرك في اتجاه نصف قطري. وتزداد هذه القوة بازدياد سرعة الدوران. وتستغل هذه القوة عن طريق توصيلها عبر روافع، لتضغط أقراص القابض العادية على القرص المدار،



١٧٣-٢ قابض القوة الطاردة المركزية. وتسمى الأجزاء المشابهة لأحذية الفرملة باللقم، وترتكز هذه على طوق القابض بقوة أكبر كلما حركت دعسة الوقود، وبذلك يدار طوق القابض والعمود المدار المتصل به شيئا فشيئا، وعند سرعة دوران n≈1200 r.p.m يبدأ اشتداد إحكام القوة، وعند سرعة دوران تتراوح بين 1800 r.p.m و 2000 r.p.m، يصبح هذا الاتصال مستقرا للمجال الكلي لسرعة دوران المحرك. وينتج عن هذا الأداء بدءا سلسا للحركة.





١٧٤ - ١ القابض الكهرومغنطيسي . أ، ب) أشكال تخطيطية لقوابض المركبات. ج) قطاع في قابض حسب التخطيط المبين في ب.

بواسطة القرص الضاغط. ويحدث نفس التأثير عندما تتحرك أثقال على هيئة قطع معدنية أسطوانية الشكل على مدارج مائلة لتنتج قوة في الاتجاه الطولي. وكان التصميان معروفين تماما منذ بدأ انتشار القابض ذاتي التشغيل.

ويوجد في الوقت الحاضر تصميم يختلف عما سبق الإشارة إليها من قوابض القوة الطاردة المركزية، يجري تركيبه بواسطة إحدى الشركات في سيارات ركوب الأشخاص (شكل ١٧٣ - ٢). وتمثل مجموعة الإدارة الميكانيكية السلسلة (غير المتدرجة)، نوعا إضافيا من أنواع مجموعات الإدارة.

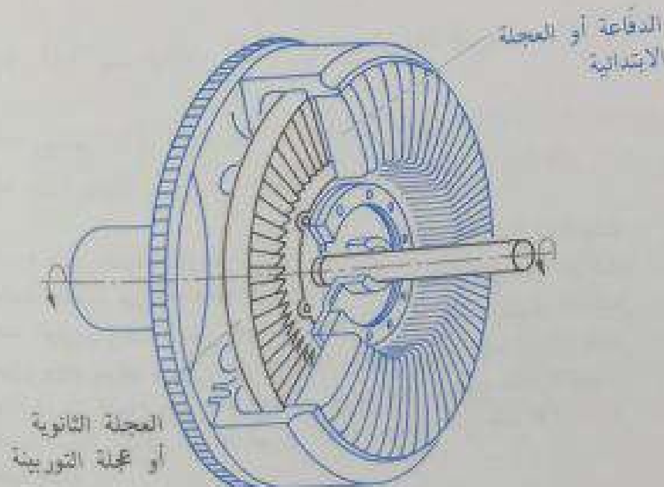
القابض الكهرومغنطيسي (شكل ١٧٤ - ١) : وقد كان معروفا في المكنات الكهربائية، حيث أثبت صلاحيته قبل استخدامه في المركبات. وباستخدام هذا القابض مع صندوق تروس تغيير سرعات متدرج وأجهزة أخرى (مثل لوحة إنذار تحكم ووحدة حساب توقيت تغيير السرعات وصندوق مرحلات وصمام خنق إضافي وجهاز اختيار)، يمكن التوصل إلى تشغيل ذاتي (أوتوماتي) تام للمركبة يستغنى فيه عن دعسة القابض.

ويبين شكلا (١٧٤ - ١ أ وب) تصميمين مختلفين للقابض ذي المجال المغنطيسي الدوار في الحذافة. وقد أثبت هذا النوع صلاحيته لطراز معروف من سيارات ركوب الأشخاص.

القابض الهيدروديناميي أو القابض الهيدرولي (شكل ١٧٤ - ٢) . ويتكون من دفاعة (مضخة أو عجلة ابتدائية) متصلة بعمود المرفق، بالإضافة إلى عجلة توربينية أو عجلة ثانوية مثبتة بعمود إدارة صندوق التروس، وليس بين العضوين الدوارين أي اتصال محكم. وهما مركبان في مبيت مغلق واحد. وتدفع مضخة كمية محددة من الزيت إلى الحيز الواقع بين العجلتين المحتويتين على أرياش، فتؤدي الحركة الدورانية للعجلة الابتدائية إلى دفع العجلة الثانوية معها (راجع شكل ١٧٥ - ١) . وبذلك تتم عملية الإقران.

وهو يتمتع بالمزايا التالية :

- تشغيل مرن (إمكان التفويت والانزلاق المستمر - بدء إدارة سلس) .
- دوران قليل الضوضاء.



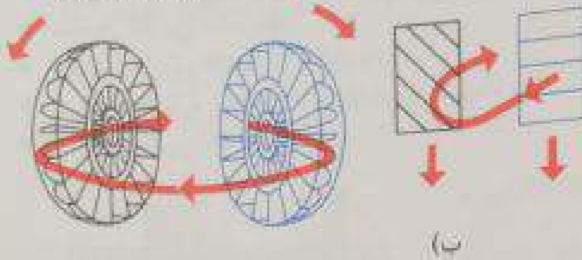
١٧٤ - ٢ قطاع في قابض هيدرولي يبين طريقة استخدامه في صندوق تروس.

١٧٤ - ١ طريقة عمل القابض الهيدرولي :

أ) توضع مروحتان في مواجهة بعضهما البعض. فعندما توصَل إحداهما بالتيار الكهربائي وتبدأ في الدوران، يحرك الهواء أرياش المروحة الأخرى. وتدور هذه ببطء أولاً ثم تتزايد في سرعة الدوران حتى تصل إلى نفس سرعة دوران المروحة القائدة تقريبا.

ب) بمجرد دوران الدفاعة، فإن الزيت الموجود بها يبدأ في الاندفاع إلى الخارج نتيجة للقوة الطاردة المركزية، ليصل إلى عجلة التوربينة بفعل استدارة المبيت. ولما كانت أرياش التوربينة مائلة، فإن تيار الزيت ينزلق بطوئها ويعطي قوة تكفي لإدارتها. ويتجه تيار الزيت بعد ذلك نحو السرة ويغير اتجاهه داخلا إلى الدفاعة ثانية لتبدأ الدورة من جديد.





- نقل عزم الدوران مع تخميد الاهتزازات.
- تكاد تكون الإدارة خالية من البلى بالاحتكاك.

ولا يستخدم القابض الهيدرولي إلا مع طراز واحد من صناديق التروس. وبالتالي فإنه أقل انتشارا من محول العزم (Torque Converter) (قارن بصفحة ١٨١)، ويتمثل الاختلاف بين النوعين في تلك العجلة الموجهة أو الرادة للفعل، الإضافية والمركبة في محول العزم. وعندما تتساوى سرعة الدوران في مثل هذه المجموعة تقريبا على الجانبين القائد والمقود (بفارق يبلغ حوالي 10%)، يقوم محول العزم بأداء مهمة القابض الهيدرولي.

وسوف يرد شرح محول العزم في الفصل الخاص بصناديق التروس (راجع صفحة ١٨١).

القوابض المؤتلفة، وتسميتها الأدق هي القوابض المحوِّلة القارنة، راجع الصفحات من ١٨٠ إلى ١٨٥. ويتركب هذا النوع من القوابض من محول عزم هيدرولي بالإضافة إلى قابض احتكاكي، غالبا ما يكون ذا نابض غشائي.

وتستخدم هذه الوحدة مع صندوق تروس تغيير السرعة من النوع المعتاد، لتكونان معا «صندوق تروس نصف أوتوماتي».

الملخص :

- يضيف النمو المتزايد في حركة المرور متطلبات أعلى للقوابض المستعملة في المركبات مما يضع أعباء ثقيلة على عاتق القائمين بالتجميع والفحص.
- يجب ضبط خلوص القابض طبقا لتعليمات الجهة الصانعة.
- يجب استعمال أقراص القابض المتعرجة غير (المستوية).
- يجب أن يكون قرص القابض قابلا للانزلاق على عمود إدارة صندوق التروس بيسر.
- يجب التحقق من سلاسة تحريك حامل الضغط للقوابض.
- يستبدل جهاز الفصل ذو الحلقة الجرافيتية بآخر ذي محمل كريات في حالة الإجهادات الكبيرة إذا كان ذلك ممكنا.
- يمكن ضبط القوابض مزدوجة الأقراص بالطريق المعتاد، إذا كان استهلاك البطائن متساو.
- في حالة القابض المشغل بطريقة هيدرولية، يجب أن يشمل الفحص كذلك مستوى السائل في وعاء الإمداد.

أسئلة :

١ - ما هي الشروط الواجب توافرها في قوابض المركبات الآلية؟
٢ - كيف تنقل القوابض عزم الدوران؟
٣ - من أي المواد تصنع بطائن أقراص القوابض؟
٤ - لماذا تستخدم القوابض مزدوجة الأقراص؟
٥ - من أي الأجزاء يتركب القابض الجاف مفرد القرص؟
٦ - أذكر أنواع أقراص القوابض.
٧ - ما هو الفارق بين قابض مزدوج القرص وآخر ثنائي؟
٨ - لماذا يتزايد استخدام القوابض ذات النوابض الغشائية باضطراد؟
٩ - ما هي إجراءات التفتيش التي تجرى على القابض؟
١٠ - ما هي أنواع حامل الضغط المستعملة في القوابض؟
١١ - ما هي أنواع القوابض ذاتية التشغيل التي تعرفها؟
١٢ - صف تركيب قابض هيدرولي.

٥ - ٢ صناديق تروس تغيير السرعة

يتوقف كل من قدرة وعزم دوران محرك المركبة الآلية على سرعة الدوران إلى حد كبير (شكل ١٧٦ - ١). فالمركبة المدارة بطريقة مباشرة (بدون صندوق تروس) تكون مقدرتها على التسارع وصعود الجبال ضئيلة، ومن ثم تركيب صناديق تروس تغيير السرعة بين المحرك والعجلات المدارة لتعطي أكبر عدد ممكن من مجالات السرعة المتعددة للمركبة، مع الاحتفاظ بسرعة دوران المحرك عند الحد الذي يعطي أعلى قدرة له. وتمكن صناديق التروس من التعشيق في الوضع المحايد، كما تمكن من عكس اتجاه دوران العمود المقود بقصد السير في الاتجاه الخلفي.

ويميز بين صناديق تروس المركبات كما يلي:

- صناديق التروس المتدرجة.
- صناديق التروس التلقائية (الأوتوماتية).
- مجموعات الإدارة التلقائية (الأوتوماتية) السلسلة.
- صناديق التروس الخاصة.

٥ - ٢ - ١ صناديق التروس المتدرجة

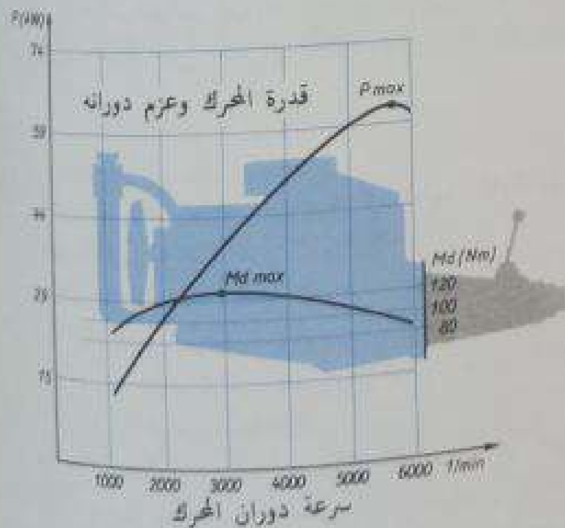
تتسم محركات الاحتراق الداخلي بمجال محدود لسرعة الدوران، تعطي فيه قدرة كبيرة وعزم دوران مناسب. وبإدخال آلية لنقل (تغيير) الحركة، يمكن تحويل قدرة محرك المركبة إلى قوة جر عالية على العجلات المدارة، عند سرعة دوران منخفضة، أو إلى قوة جر صغيرة على العجلات المدارة، عند سرعة دوران عالية (شكل ١٧٦ - ١).

صناديق التروس المتدرجة في المركبات الآلية، هي من نوع صناديق تروس تغيير السرعة. وتحتوي صناديق التروس في سيارات ركوب الأشخاص على ثلاث أو أربع أو خمس سرعات أو نسب نقل، ويتم تغيير نسب النقل بواسطة فصل أو تعشيق أزواج التروس، وتعرف هذه العملية بعملية التعشيق. ويمكن تقسيم صناديق التروس المتدرجة حسب نوع التعشيق إلى ما يلي:

- صناديق التروس ذات التروس المنزلقة.
- صناديق التروس ذات جلبة التعشيق
- صناديق التروس المتزامنة.
- صناديق التروس ذات الخابور المنزلق.
- صناديق التروس الكوكبية.

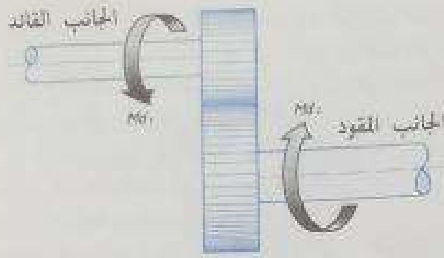
يعتبر صندوق التروس المنزلقة أبسط أنواع صناديق تروس تغيير السرعة. ويجري فيه تغيير نسبة نقل الحركة بدفع ترس على عمود مخدد حتى يتم تعشيقه مع الترس المواجه، ونظرا لتباين السرعتين المحيطيتين للترسين، تنشأ ضوضاء عالية عند إجراء عملية تغيير التعشيق (شكل ١٧٨ - ١)، طالما لم يقم السائق بإيصال الترسين إلى نفس السرعة المحيطية، بإعطاء دفعات وقود (بالضغط على دعسة الوقود)، قبل التعشيق النهائي.



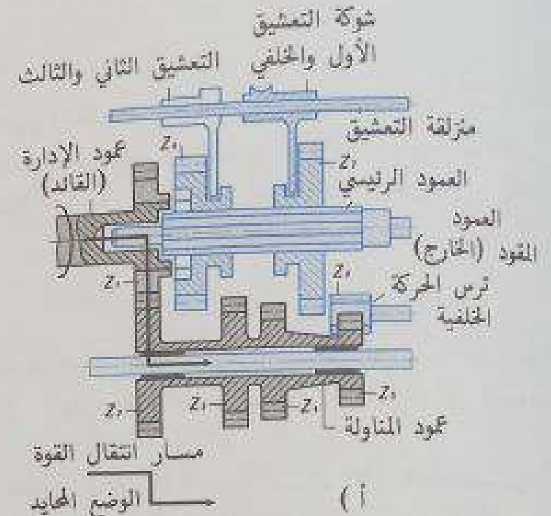


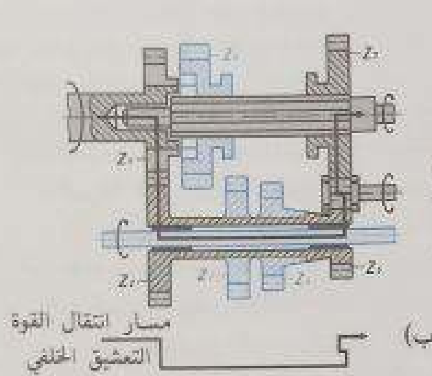
١٧٦ - ١ تحتاج العجلات المدارة إلى أعلى قوة جر أو قدرة عند بداية الحركة وعند التسارع وعند الصعود. ولما كانت قدرة محرك الاحتراق الداخلي صغيرة عند سرعات الدوران المنخفضة، وترتفع إلى حدها الأعلى مع زيادة سرعة الدوران، فإن مهمة صندوق التروس - الذي يركب بين المحرك والمحور الخلفي - هي لتحقيق أكبر استفادة من قدرة المحرك عند جميع السرعات الممكن الوصول إليها، لاسيما في المجال المعتاد للسير، بأقل استهلاك ممكن للوقود.

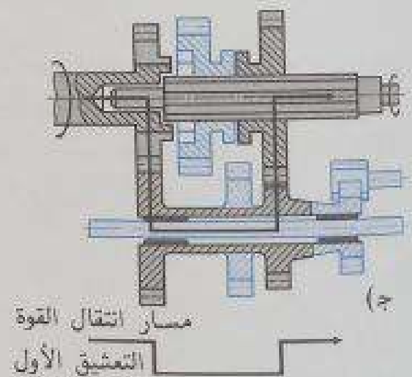
١٧٧ - ١ يتم نقل الحركة الدورانية من عمود إلى آخر بواسطة تروس، وتتداخل أسنان أحد التروس في فراغات أسنان الترس الآخر. وتتلامس التروس على الأسطح الجانبية لأسنانها. وتتوقف نسبة نقل الحركة وعزم الدوران على عدد الأسنان في التروس المعشقة.

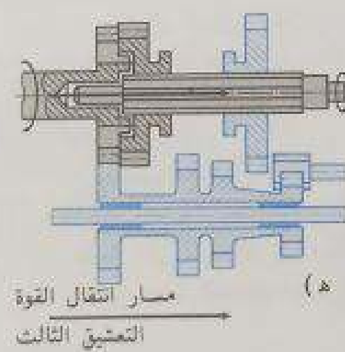


صندوق التروس ذو جلب التعشيق، ويتم فيه التعشيق بإزلاق جلبة تعشيق بالترس. وتكون عملية التعشيق في صناديق تروس تغيير السرعة ذوات جلب التعشيق أسهل وأسرع منها في صناديق التروس المتزلقة. ويجري تغيير التعشيق بإقران الجلبة في أسنان الإقران وتحدث في بعض الظروف الخاصة ضوضاء عند تعشيق الجلبة (شكل ١٧٨ - ١).









١٧٧ - ٢ في صناديق تروس تغيير السرعة ذات التروس المتزلقة، يرتبط زوج من التروس بتعاشق أسنانهما في كل وضع من أوضاع التعشيق، ولتحقيق ذلك تدخل شوكة تعشيق في المجرى الحلقي للترس المتزلق وتدفعه على العمود المحدد، حتى يعشق مع الترس المواجه على العمود المناول.

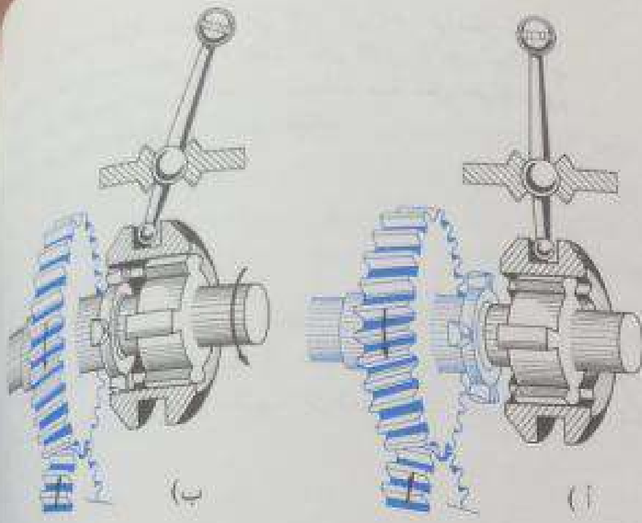
أ) وضع التعشيق: الوضع المحايد (دوران اللاحمل)
العمليات الحادثة في صندوق التروس: يدور الترس القائد z_1 بنفس سرعة دوران المحرك. ويدور العمود المناول بتروسه بسرعة أبطأ. ويبقى العمود الرئيسي بترسيه المتزلقين ساكنا.
مسار انتقال القوة: من العمود القائد إلى العمود المناول.

ب) وضع التعشيق: التعشيق الخلفي
العمليات الحادثة في صندوق التروس: يجب عكس اتجاه دوران العمود الرئيسي عند السير إلى الخلف، وبالتالي يعشق الترس الوسيط z_8، المركب على العمود الوسيط. ويكون التعشيق في هذه الحالة بأكبر نسبة نقل للحركة.
مسار انتقال القوة: من عمود الإدارة إلى العمود المناول عن طريق الترسين z_1 - z_2، ثم من العمود المناول إلى العمود الوسيط عن طريق الترسين z_7 - z_8، ومن العمود الوسيط إلى العمود الرئيسي عن طريق الترسين z_8 - z_3.

ج) وضع التعشيق: تعشيق السرعة الأولى
العمليات الحادثة في صندوق التروس: يدفع الترس المتزلق z_3 على العمود الرئيسي حتى يعشق مع الترس z_4 على العمود المناول. وتكون سرعة دوران العمود الرئيسي منخفضة، لأن z_4 أصغر بقدر كبير من z_3.
مسار انتقال القوة: من عمود الإدارة إلى العمود المناول، ومنه إلى العمود الرئيسي عن طريق الترسين z_4 - z_3.

د) وضع التعشيق: تعشيق السرعة الثانية
العمليات الحادثة في صندوق التروس: يزلق الترس z_6 على أخاديد العمود الرئيسي ليعشق مع الترس z_5. وتكون سرعة دوران العمود الرئيسي أعلى منها في حالة التعشيق الأول، عند نفس سرعة دوران المحرك. وتكون نسبة نقل الحركة أصغر وبالتالي تكون المركبة أسرع.
مسار انتقال القوة: من عمود الإدارة إلى العمود المناول، ومنه إلى العمود الرئيسي عن طريق الترسين z_5 - z_6.

هـ) وضع التعشيق: تعشيق السرعة الثالثة
العمليات الحادثة في صندوق التروس: يتم نقل الحركة في وضع التعشيق الثالث - في صندوق التروس ذي الثلاث سرعات - بالتعشيق المباشر، بمعنى أن يتصل العمود الرئيسي بعمود الإدارة اتصالا مباشرا، حيث تمسك أسنان الإقران للترس z_6 في أسنان الإقران للترس z_1، ويدور العمود المناول معهما دون تحميل.
مسار انتقال القوة: من عمود الإدارة إلى العمود الرئيسي مباشرة.



١٧٨ - ١ تكون تروس كل مرحلة من مراحل نقل الحركة في صندوق التروس ذي جلبة التعشيق في وضع تعشيق دائم. لذلك يدور أحد التروس الخاصة بالتعشيق بحيث يكون حرا على عموده، وتزلق جلبة التعشيق على العمود المحدد، بدلا من الترس.

أ) تبقى جلبة التعشيق ساكنة على العمود المحدد، أو تدور عليه بسرعة مخالفة لسرعة الترس، وتتصل جلبة التعشيق بشوكة التعشيق بواسطة رافعة.

ب) يجب أن تزداد سرعة دوران جلبة التعشيق على العمود المحدد، بحيث تقترب من سرعة دوران الترس. ويتم ذلك بإعطاء دفعات من الوقود (الضغط على دعسة الوقود). عندئذ يمكن إزلاق الجلبة في أسنان الإقران، وبذلك يتم الربط بين العمود المحدد والترس وتتحقق التعشيقة.

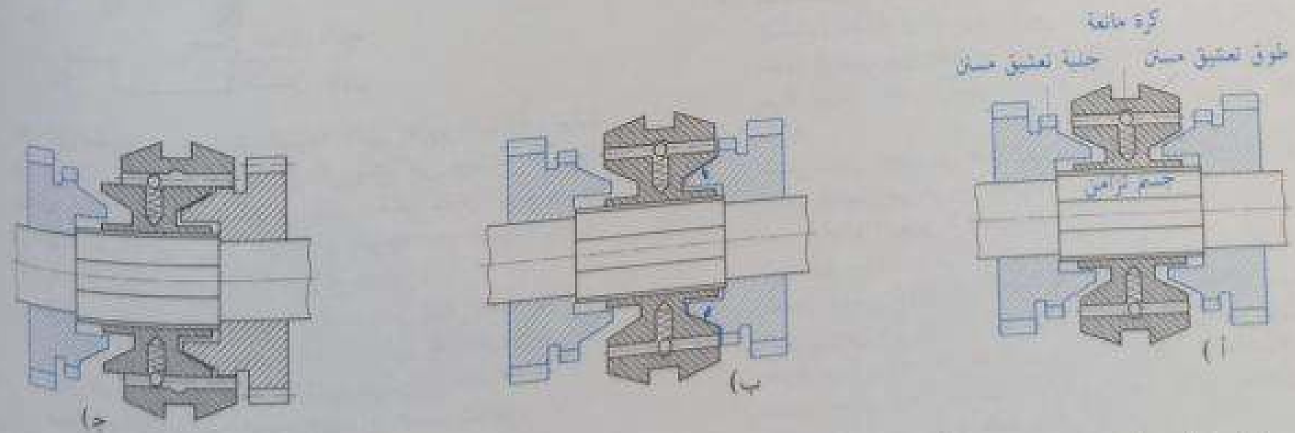
صناديق التروس المتزامنة، وييسر هذا النوع من صناديق التروس عملية التعشيق (شكل ١٧٨ - ٢). ويكون التعشيق فيها خاليا م الضوضاء ومن الصدمات نتيجة لعمليات التزامن (توافق السرعات)، بمعنى أنه يجب إيصال الترسين المزمع تعشيقهما إلى عز السرعة قبل إجراء التعشيق. ففي صناديق التروس المتزامنة يؤدي الشروع في عملية التعشيق إلى تشغيل تجهيزة تزامن بطريقة قسرية. وتنقسم صناديق التروس حسب تصميم تجهيزات التزامن إلى:

- صناديق تروس متزامنة.
- صناديق تروس متزامنة مانعة.

ففي صناديق التروس المتزامنة تكون التروس ذات أسنان مائلة، وتبقى دائما في حالة تعشيق. ويستلزم نقل عزم الدوران ربط التروس بجسم التزامن القابل للانزلاق على العمود الرئيسي، عبر جلبة التعشيق. ويقوم هذا الجسم بنقل عزم الدوران إلى العمود المحدد.

ويُفرض الدوران المتزامن، بواسطة الاحتكاك بين التروس القائدة والمقودة. فيجب إتاحة فترة زمنية قصيرة أثناء عملية التعشيق، حتى تتمكن الأجزاء الجاري إقرانها من التوصل إلى سرعة متساوية. فإذا لم يحافظ على هذه الفترة الزمنية، انزلقت جلبة التعشيق مبكرة جدا في طوق التعشيق المسنن مما تنشأ عنه ضوضاء تعشيق، كما تبلى الأسطح المخروطية لجهاز التزامن بسرعة (شكل ١٧٨ - ٢).

صناديق التروس المتزامنة المانعة. وتزود بتجهيزة من شأنها أن تعوق الانزلاق السابق لأوانه لجلبة التعشيق على طوق التعشيق المسنن (جسم إقران). فلا يُخلى طريق التعشيق حتى تقوم تجهيزة المنع بإجراء التزامن بين سرعتي دوران الترسين. ولهذا الغرض تعترض لقم مانعة طريق جلبة التعشيق، فلا يمكن أن يستمر دفعها، إلا بعد أن يقوم ضغط التعشيق بإعتاق اللقم المانعة. عندئذ تستطيع جلبة التعشيق أن تنزلق دون ضوضاء في طوق التعشيق المسنن للترس (شكل ١٧٩ - ١).

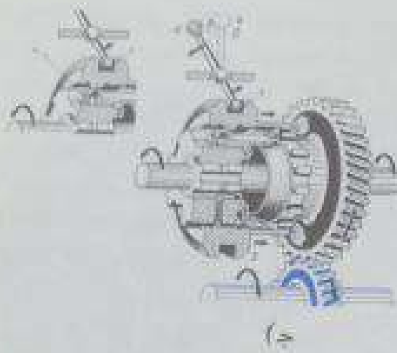


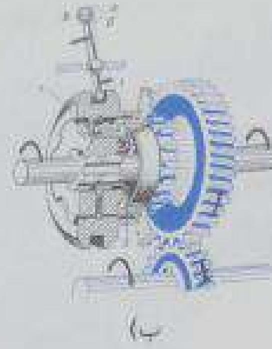
١٧٨ - ٢ في صناديق التروس المتزامنة تُضغط جلبة التعشيق ومعها جسم التزامن على الترس، بواسطة شوكة التعشيق. وبذا يتم التوصل إلى الدوران متساوي السرعة بطريق الاحتكاك.

أ) الدوران المحايد: تكون جلبة التعشيق في وضع السكون، ولا يكون هناك أي تلامس بين جسم التزامن والأسطح المخروطية للترس.

ب) وضع التزامن: تزلق جلبة التعشيق على جسم التزامن بضغط خفيف، ويتم تحريك هذا الجسم عبر الكرة الواقعة تحت ضغط النابض، وتتلامس الأسطح المخروطية وتحتك مع بعضها البعض، حتى تتساوى السرعة بين الجلبة والترس.

ج) وضع التعشيق: تدخل جلبة التعشيق في أسنان الإقران للترس. وإذا ما استمر الضغط على رافعة التعشيق انطردت الكرة المانعة، وتعشقت أسنان جلبة التعشيق مع أسنان الإقران للترس، وبذلك يتحقق الاتصال بين الترس والعمود.


ج)


ب)


أ)

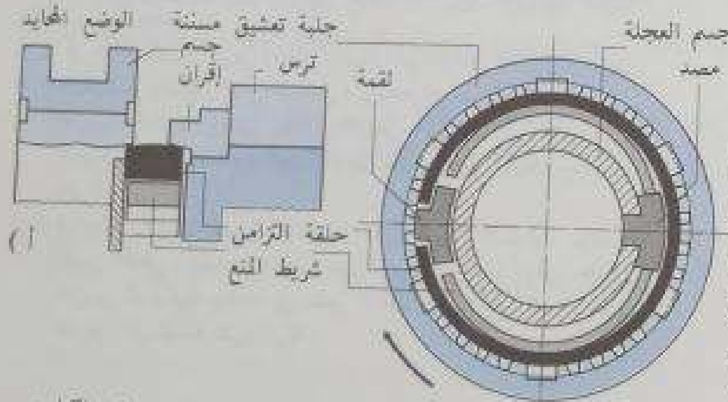
١٧٩ - ١ تكفل تجهيزة التزامن المانعة أسرع وأسلم تزامن لسرعتي الدوران. فلا يكون انزلاق أسنان الإقران في بعضها البعض ممكنا إلا إذا توحدت سرعتا الدوران تماما.

أ) دوران الأجل: تكون جلبة التعشيق في وضع السكون، ويكون الترس حر الدوران على عموده.

ب) المنع: طالما أن سرعة مخروط الاحتكاك 2 لم تصل إلى سرعة دوران الجزء المزمع إقرانه بعد، تقوم لقمتان مانعتان متقابلتان 4 - مزلقتان إلى الخارج بواسطة دوران حلقة التزامن 3- بإعاقة استمرار دفع جلبة التعشيق ١.

ج) إتمام التعشيق: تم هنا التوصل إلى تساوي سرعات الدوران، وبالإبقاء على ضغط التعشيق، تعيد المخالب المائلة اللقمتين المانعتين إلى الخلف في جلبة التعشيق ١. وبالتالي يمكن إزلاق جلبة التعشيق ١، لتدخل إلى أسنان الإقران لترس دون ضوضاء. وبذلك يتحقق الاتصال بين العمود والترس، ويتم التعشيق.

وتمكن صناديق التروس المتزامنة المانعة طراز بورشي (Porsche)، من إتمام التعشيق في فترات زمنية قصيرة وباستخدام قوى صغيرة، حيث يضخم عزم الاحتكاك الناتج من حلقة التزامن عبر لقم مانعة موجودة بها. ويتواءم هذا التأثير المؤازر مع عمل التزامن، ويتسم التصميم بكبر فعاليته وصغر حجمه (شكل ١٧٩ - ٢).

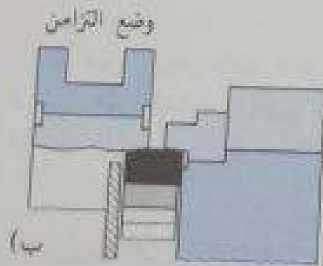


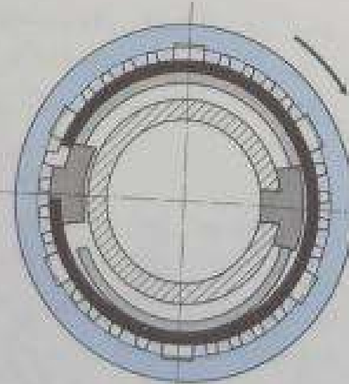
١٧٩ - ٢

أ) وضع الدوران المحايد، حيث لايوجد اتصال بين جلبة التعشيق وجلبة الإقران.

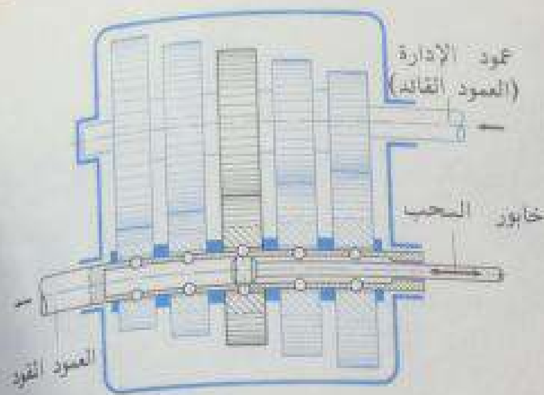
ب) تضغط جلبة التعشيق إلى اليمين على حلقة التزامن المشقوقة، التي تدار بقوة الاحتكاك وتنقل عزم الدوران عبر اللقمة إلى شريط المنع الذي يرتكز على المصد. بذلك يضغط الشريط على حلقة التزامن المشقوقة ليعوق انضغاطه بفعل جلبة التعشيق. وبالتالي لا يمكن إتمام التعشيق. وتؤدي قوة ضغط شريط المنع على حلقة التزامن المشقوقة إلى زيادة قوى الاحتكاك بينها وبين جلبة التعشيق، كما تؤدي كذلك إلى زيادة القوى نصف القطرية لشريط المنع. ويؤدي هذا التضخيم الذاتي لقوى الاحتكاك - ويسمى التأثير المؤازر (Servo) - إلى تعجيل إتمام التزامن لسرعات التروس.

ج) عندما يتحقق التزامن، يُعتق شريط المنع، فتضغط جلبة التعشيق على حلقة التزامن المشقوقة وتتمكن من الانزلاق عليها، وتعشق في التسنين المقابل.

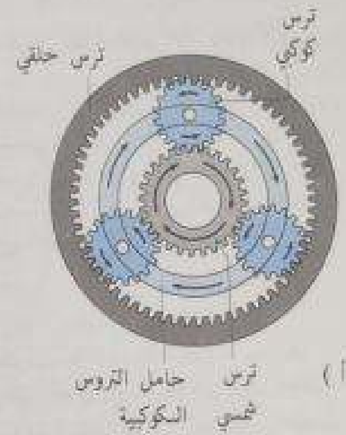




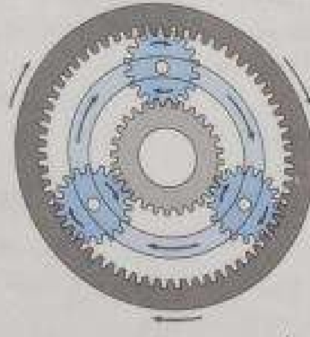




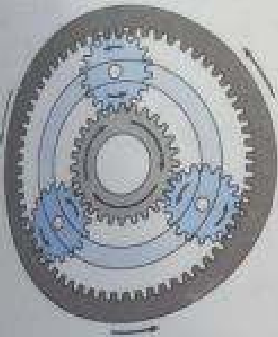
١٨٠ – ١ تكون جميع التروس متعاشقة في صندوق التروس ذي الخابور المنزلق. وتكون جميع التروس الموجودة على عمود الإدارة (العمود القائد) مثبتة فيه. ويكون العمود المقود أجوفا وذا ثقوب في نطاق التروس حرة الحركة (السائبة). ويمكن تحريك الخابور المنزلق داخل العمود الأجوف في اتجاهه الطولي. فعندما يضغط الخابور المنزلق كرات ترس ما إلى الخارج، تستقر هذه الكرات في مجاري الترس المختار. ويتم الوصل بين العمود والترس، وتتحقق التعشيقة.



أ)



ب)



ج)

١٨٠ – ٢ تتكون مجموعة التروس الكوكبية أساسا من ترس شمسي وترس حلقي وعديد من التروس الكوكبية القابلة للدوران، والمرتكزة في حامل التروس الكوكبية. ويمكن استخدام مجموعة التروس الكوكبية في الحصول على نسب مختلفة لنقل الحركة، عن طريق تثبيت أوتعشيق كل من هذه الأجزاء على حدة.

أ) في حالة تثبيت الترس الحلقي (المسنن من الداخل): تدار التروس الكوكبية بواسطة الترس الشمسي، وتتدحرج على الأسنان الداخلية للترس الحلقي. ويدور حامل التروس الكوكبية في نفس اتجاه الدوران مع عموده، وبذا يتم الحصول على تخفيض كبيرة لنسبة نقل الحركة.

ب) في حالة تثبيت الترس الشمسي: تدار التروس الكوكبية بواسطة الترس الحلقي، وتتدحرج هذه على الترس الشمسي. ويدور حامل التروس الكوكبية وعموده في نفس الاتجاه. وبذا يتم الحصول على تخفيض أقل لنسبة نقل الحركة.

ج) في حالة تثبيت الترس الشمسي مع الترس الحلقي وإدارتها معا: لاتستطيع التروس الكوكبية الدوران، فتتحرك سويا مع كل من الترس الشمسي والترس الحلقي. وتكون سرعتا دوران العمودين القائد والمقود متساويتين (غير ممثلة في الشكل).

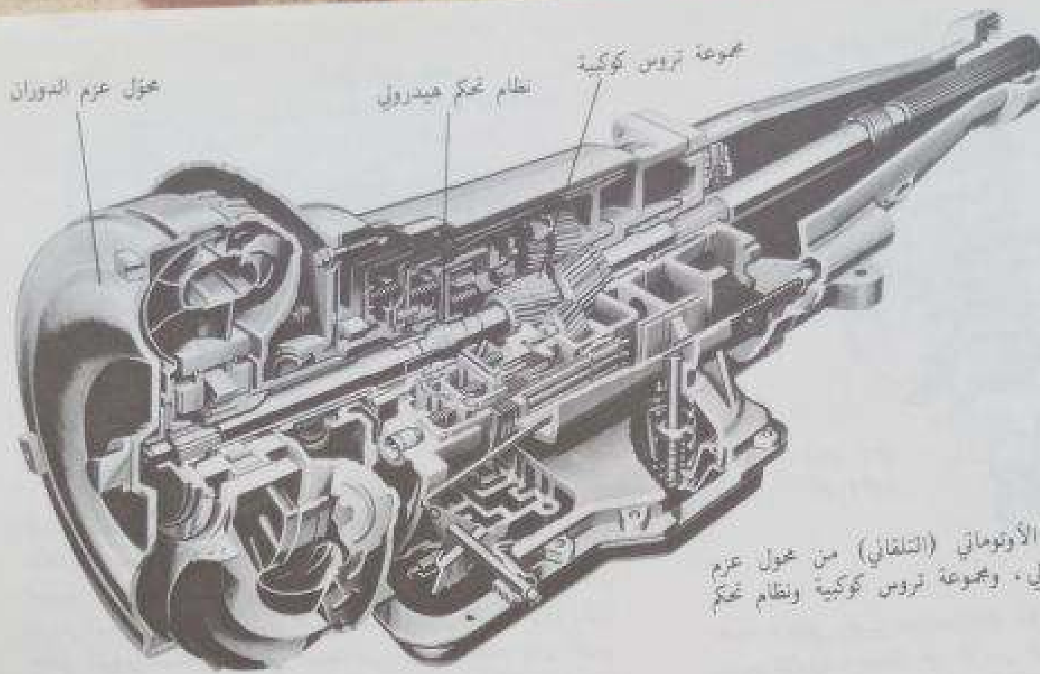
د) في حالة تثبيت حامل التروس الكوكبية: تدار التروس الكوكبية حول محورها بواسطة الترس الشمسي. وحيث أن حامل التروس الكوكبية مثبت، فلابد للتروس الكوكبية من أن تدور في اتجاه معاكس لدوران الترس الشمسي، وبالتالي تأخذ معها الترس الحلقي. وبذا يتم الحصول على دوران عكسي (تعشيق سير إلى الخلف) مع تخفيض للسرعة.

صناديق التروس ذات خابور السحب، وهي تحتاج إلى حيز صغير بصفة خاصة حيث تستقر أزواج التروس إلى جانب بعضها البعض مباشرة على أعمدتها. ويكون أحد الأعمدة أجوفا. ويجري التعشيق لنسبة نقل ما بضغط كرات إلى الخارج في الترس بواسطة خابور فيالعمود الأجوف. ويتم بذلك وصل الترس بالعمود (شكل ١٨٠ – ١).

صناديق التروس الكوكبية (شكل ١٨٠ – ٢). تعمل صناديق التروس العادية للمركبات بأعمدة متراصة إلى جانب بعضها البعض، حيث تستقر عليها تروس تتعاشق أزواج منها مع بعضها البعض. أما في صناديق التروس الكوكبية، فإن التروس تدور حول بعضها، وتتصف هذه المجموعات بتصميمها القصير مع ارتفاع مقدرتها على التحميل. فعند نقل عزم الدوران، يثبت إما الترس الشمسي أو الترس الحلقي أو حامل التروس الكوكبية، بمعنى أن أيهم يرتكز على مبيت صندوق التروس، أو أن يكون طاقم التروس الكوكبي متوقفا (شكل ١٨٠ – ٢ أ...د). وتركب مجموعات التروس الكوكبية في صناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية).

٥ – ٢ – ٢ صناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية)

أدى إرهاق سائقي المركبات الآلية – نتيجة للكثافة دائمة التزايد في حركة المرور – إلى سرعة انتشار صناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية)، التي تعفي سائقي المركبات من تشغيل القابض والتعشيق، وبذلك أمكن تفادي أخطاء التشغيل وما قد ينشأ عنها من أضرار في أجزاء نقل الحركة. ويتم تعشيق نسبة نقل الحركة الصحيحة تلقائيا لكل حالة من حالات السير، دون أي تدخل أو فعل من السائق. ولم يعد هناك داع لوجود دعسة القابض في هذه الحالة.

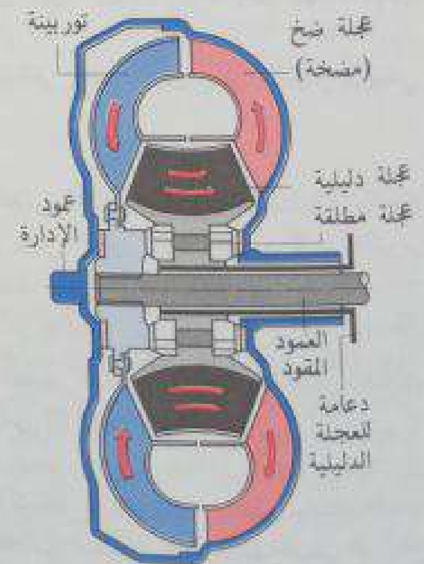


١٨١ - ١ يتكون صندوق التروس الأوتوماتي (التلقائي) من محول عزم دوران هيدرولي أو قابض هيدرولي، ومجموعة تروس كوكبية ونظام تحكم هيدرولي.

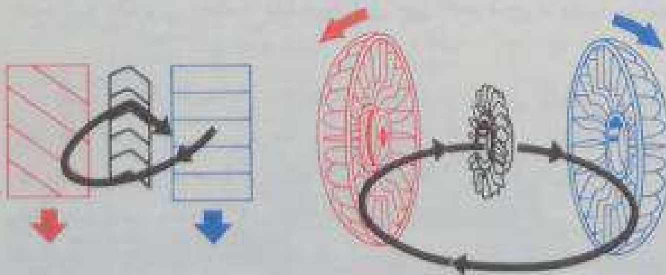
وفي صناديق التروس نصف الأوتوماتية، تتم التعشيقات بواسطة رافعة تعشيق، ويتم الإقران تلقائيا. وبذلك لايلزم وجود دعسة القابض، وتعتبر صناديق التروس الهيدروديناميكية (شكل ١٨١ - ١) هي النوع المألوف لصناديق التروس الأوتوماتية ونصف الأوتوماتية. وفيها ينقل مائع (زيت) عزم الدوران من المحرك إلى صندوق التروس، حيث يتم نقل عزم الدوران بواسطة محول عزم دوران هيدرولي.

محول عزم الدوران (شكل ١٨١ - ٢) ينقطع فيه انتقال القوة بين المحرك وصندوق التروس، في حالتي السكون والدوران المحايد للمحرك. وبزيادة سرعة دوران المحرك، يستمر ازدياد عزم الدوران المنقول بواسطة المحول (شكل ١٨١ - ٣). وكلما كان الفرق بين سرعتي دوران عجلة الضخ وعجلة التوربينة أكبر، كان تحويل مسار الزيت عند العجلة الموجهة أعظم، وبالتالي تكون زيادة عزم الدوران أكبر، ليصل حده الأقصى إلى حوالي مرتين ونصف مرة قدر عزم دوران التشغيل. حيث تكون سرعة دوران العمود المقود في هذه الحالة أصغر كثيراً من سرعة دوران العمود القائد.

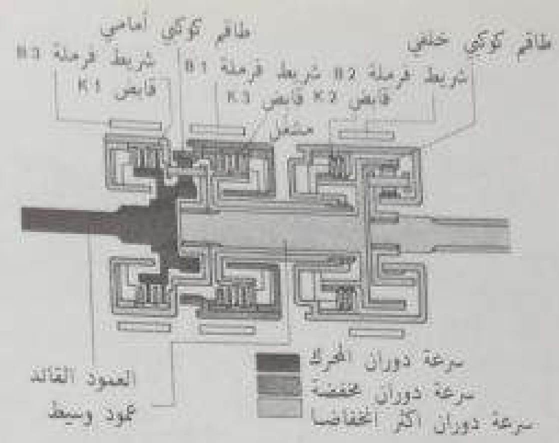
وعند نقطة الإقران - أي عندما تدور كل من عجلة الضخ وعجلة التوربينة بنفس السرعة - يتوقف تحول مسار الزيت في العجلة الدليلية، ويتوقف معه تضخم عزم الدوران، أي يعمل المحول كقابض هيدرولي فقط وتدور العجلة الدليلية معه دورانا حرا.



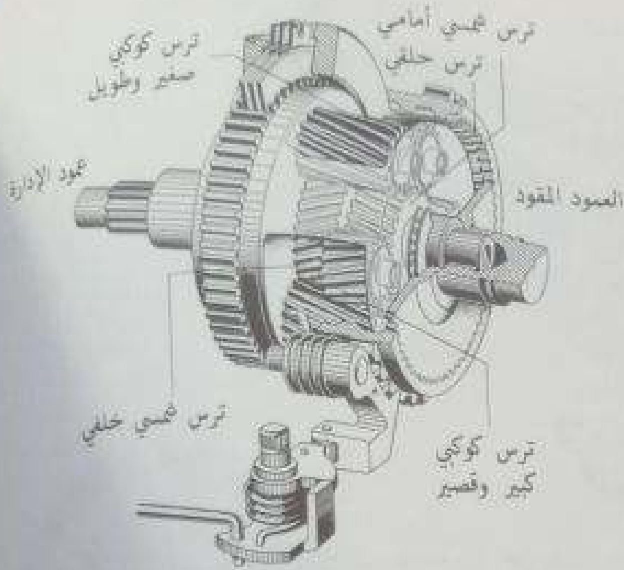
١٨١ - ٢ يشتمل محول عزم الدوران على عجلة ضخ قائدة وعجلة توربينة مقودة وعجلة دليلية إما أن تكون ساكنة أو تكون متصلة بمبيت صندوق التروس عن طريق عجلة مطلقة. ويسمى هذا التصميم الذي يعم استخدامه في صناديق التروس الأوتوماتية بمجموعة تريلوك (Trilok). وتركب العجلات الثلاث جميعها في مبيت واحد يملأ بزيت خاص هو سائل النقل التلقائي Automatic Transmission Fluid (ATF).



١٨١ - ٣ دائرة مرور الزيت في المحول. نتيجة لحركة الدورانية لعجلة الضخ، يجبر الزيت على اتخاذ حركة دائرية. كما هو الحال في القابض الهيدرولي، ويحول مسار الزيت في ريش العجلة الدليلية، ويعاد مرة أخرى بزاوية مناسبة إلى عجلة الضخ. ويؤدي تثبيت العجلة الدليلية مع مبيت صندوق التروس إلى إعاقة دورانها في الاتجاه المعاكس، وإلى زيادة عزم الدوران الخارج.



١٨٢ – ١ صندوق تروس كوكبي ذو طاقمين كوكبين. يدار الترس الشمسي الأمامي، بينما يتصل حامل التروس الكوكبية الأمامي مع العمود الوسيط، وبالتالي مع الترس الحلقي الخلفي. وتتم الإدارة عبر حامل التروس الكوكبية الخلفي. ويبين الشكل حالة الدوران المحايد، وفيها يكون حامل التروس الكوكبية الخلفي ممنوعا من الحركة، بحيث يدار الترس الحلقي الأمامي في اتجاه معاكس لاتجاه دوران الترس الشمسي، عند تثبيت العمود المقود، أي عند توقف حركة التروس القائدة. ويبقى حامل التروس الكوكبية الأمامي في حالة سكون.



١٨٢ – ٢ طاقم رافينو (Ravigneaux) يكون الترس الشمسي الأمامي المثبت بعمود الإدارة، معشقا مع التروس الكوكبية الأمامية الكبيرة، وتعشق هذه بدورها مع التروس الكوكبية الخلفية الصغيرة، هذه التي تتعاشق مع كل من الترس الشمسي الخلفي والترس الحلقي المثبت مع العمود المقود.

مجموعات التروس الكوكبية: وتصلح بصفة خاصة لصناديق التروس الأوتوماتية. فبتثبيت الأجزاء المكونة كل على حده أو تركها حرة، يمكن الحصول على نسب نقل مختلفة دون الحاجة إلى تحريك تروس أو جلب تشغيل. وتتم عملية تغيير السرعة بالتشغيل الهيدرولي لقوابض أو أشرطة فرامل ذات ترتيبات مناسبة. وتكون التروس في حالة تعشيق مستمر مع بعضها البعض.

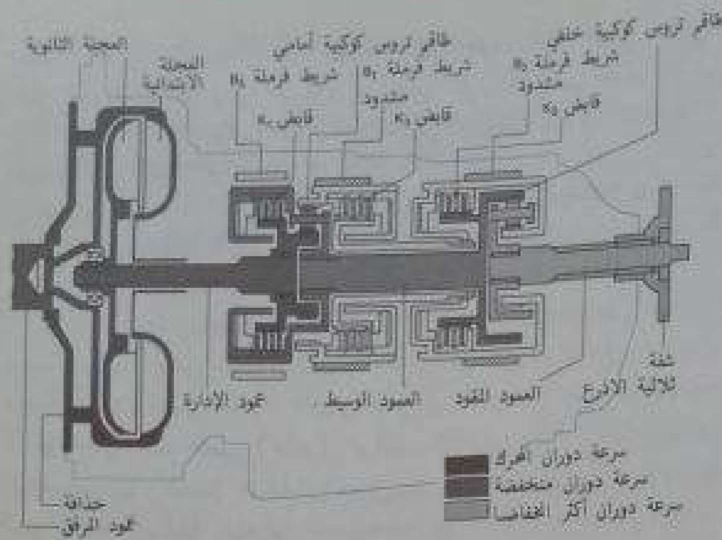
يتم تشغيل صناديق التروس بالمركبات الآلية – سواء كمجموعات قائدة أو مجموعات مقودة – من نفس أجزاء التركيب. ولاتفي مجموعات التروس الكوكبية البسيطة هنا بالغرض (قارن شكل ١٨٠ – ٢)، لذلك يعشق طاقمان كوكبيان على التوالي. ويمكن وضع تصميمات مدى لصندوق التروس، بإقران بعض أجزاء التركيب مع بعضها البعض. وتوجد الأشكال التصميمية الآتية في صناديق التروس الأوتوماتية.

- مجموعتان بسيطتان من التروس الكوكبية مصفوفتان على التوالي. ويكون لهما نسب نقل مختلفة (شكل ١٨٢ – ١). وينحصر استعمال هذا النوع من صناديق التروس فقط، عندما يحتاج إلى أربع تعشيقات أمامية وتعشيقة خلفية، ونظراً لتعدد التروس المختلفة فإن هذه الصناديق تكون غالية الثمن نوعا ما.
- طاقم رافينو (Ravigneaux) (شكل ١٨٢ – ٢)، ويتركب من مجموعتين بسيطتين من التروس الكوكبية، مركبتين في أصغر حيز. ويشتمل الطاقم على ترس شمسي أمامي صغيرا وآخر خلفي أكبر منه، وثلاثة تروس كوكبية قصيرة ذوات أقطار كبيرة، وثلاثة أخر طويلة ذوات أقطار أصغر، وكذا ترس حلقي واحد.
- طاقم سمسون (Simpson)، ويتكون من مجموعتين بسيطتين من التروس الكوكبية، مرتبتين في طاقم مغلق بحيث يشترك الترس الشمسي بينهما. وتتساوى نسب النقل للمجموعتين.

وفي طاقم سيمسون (Simpson) يكون حامل التروس الكوكبية بالمجموعة الأولى متصلا بالترس الحلقي للمجموعة الثانية، وكذلك بالعمود المقود. وتكون تكاليف إنتاج مجموعة التروس هذه منخفضة، حيث أنها تحتوي على ترس شمسي واحد فقط، كما أن التروس الكوكبية والتروس الحلقية متشابهة لكل من المجموعتين الأمامية والخلفية.

نظام التحكم الهيدرولي: ويتم فيه التحكم في تشغيل القوابض وأشرطة الفرامل. وبذلك يتم التغيير التلقائي طبقا لنسبة النقل المختارة. وتختلف عدد القوابض وأشرطة الفرامل من نوع لآخر. ويتكون نظام التحكم الهيدرولي أساسا من الأجزاء الآتية:

- مضخة زيت واحدة أو أكثر لتوليد ضغط الزيت في النظام الهيدرولي.
- منظم يقوم بالتحكم في تيار الزيت بحسب سرعة السير، ويعمل بتأثير القوة الطاردة المركزية. ويدار عمود المنظم بواسطة العمود المقود. ومع زيادة سرعة دوران العمود المقود، يتزايد ضغط المنظم، وعند الوصول إلى سرعة سير معينة يكون ضغط المنظم قد ارتفع إلى الحد الذي يحرك صمامات التعشيق وتتم بذلك عملية التعشيق.
- صمام الخنق، ويؤثر على عملية التعشيق حسب تحميل المحرك، ويعمل بواسطة الضغط المنخفض (التفريغ) في ماسورة السحب للمحرك أو بواسطة دعسة الوقود مباشرة. ويؤثر ضغط الخنق على صمامات التعشيق في اتجاه مضاد لضغط المنظم، ويؤخر عملية التعشيق إلى أن تحين اللحظة المناسبة لها. ويعني ذلك أنه عند سرعة الدوران المنخفضة وبضغط قليل فقط على دعسة الوقود، يقوم صندوق التروس بالتعشيق إلى نسبة نقل أعلى، عند سرعة السير المنخفضة. وبزيادة الضغط على دعسة الوقود يتأخر تغيير التعشيق هذا، ليحدث عند سرعة سير أعلى.



١٨٣ - ١ مسار انتقال القوة في التعشيقة الأولى. يدير الترس الشمسي الأمامي التروس الكوكبية، التي تتدحرج على الترس الحلقي الأمامي. ويدور كل من حامل التروس الكوكبية والعمود الوسيط والترس الحلقي الخلفي بسرعة دوران مخفضة. ويدير الترس الحلقي الخلفي التروس الكوكبية، التي تتدحرج على الترس الشمسي الخلفي. ويتصل العمود المقود بحامل التروس الكوكبية ويدور في نفس اتجاه دوران الترس الخلفي، ولكن بسرعة أكثر انخفاضا، ونحصل بذلك على نسبة نقل كلية كبيرة الحركة.

عملية التعشيق في صندوق التروس الأوتوماتي. تقوم كل من القوابض وأشرطة الفرامل المشغلة هيدروليا، بتثبيت بعض من التروس الكوكبية أو إيقافها سويا أو إطلاقها، بحيث تنشأ نسب نقل مختلفة في صندوق التروس الكوكبية. وفضلا عن نسب النقل في المجموعة الكوكبية، فإنه يضاف إليها مجال التحويل في محول عزم الدوران حتى حوالي 1 : 2.5. وبذلك تضم كل تعشيقة بصندوق التروس الكوكبية مجالا واسعا للسرعة، ومن ثم تحتاج صناديق التروس الأوتوماتية إلى تعشيقة واحدة أقل مما يلزم في حالة صناديق التروس الميكانيكية المتدرجة. وتعتبر صناديق التروس الأوتوماتية التي تنتجها شركة دايملربنز حالة استثنائية، وفيها يستبدل محول عزم الدوران بقابض هيدرولي، ولذا فإنها تحتوي على أربع تعشيقات أمامية، ويمكن توضيح عملية التعشيق وانتقال القوة باتخاذ هذه المجموعة مثالا، حيث أنه يمكن تتبع مسار انتقال القوة فيها بوضوح. وتماثل الظروف في صناديق التروس ذوات الثلاث سرعات، مع تلك المذكورة في هذه الحالة.

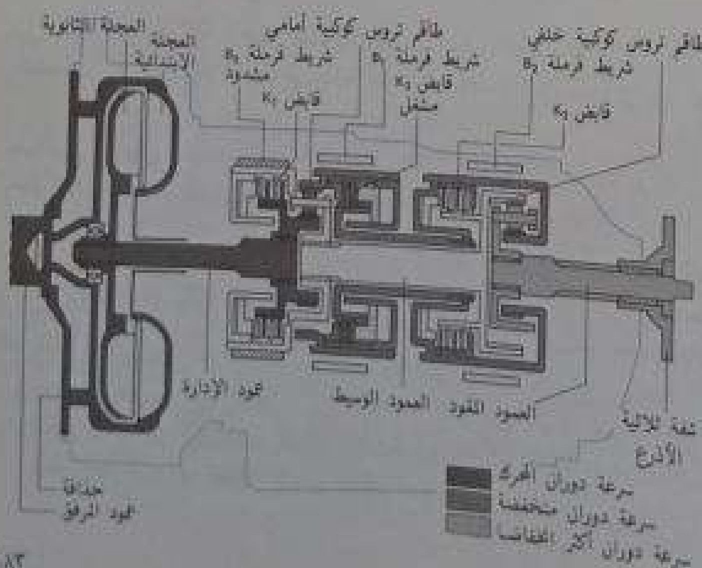
في التعشيقة الأولى (شكل ١٨٣ - ١)، يقوم شريط الفرملة B1 بتثبيت الترس الحلقي الأمامي، وشريط الفرملة B2 بتثبيت الترس الشمسي الخلفي.

ونظرا للنسب المزدوجة لنقل الحركة، تنتج نسبة نقل حركة كلية كبيرة.

في التعشيقة الثانية، يوقف طاقم التروس الكوكبية الخلفي بواسطة القابض K2، حتى تدور هذه كلها كوحدة واحدة، وبذلك تكون سرعة دوران العمود المقود مساوية لسرعة دوران العمود الوسيط.

وتكون نسبة النقل الكلية لحركة مساوية لتلك الخاصة بطاقم التروس الكوكبية الأمامي.

في التعشيقة الثالثة، يقوم القابض K1 بإيقاف طاقم التروس الكوكبية الأمامي، ويدور العمود الوسيط بنفس سرعة دوران المحرك، ويدير التروس الكوكبية عبر الترس الحلقي الخلفي. وتتدحرج التروس الكوكبية على الترس الشمسي المثبت بشريط الفرملة B2، ويدور كل من



١٨٣ - ٢ مسار انتقال القوة في التعشيقة الخلفية. يقوم الترس الشمسي الأمامي بإدارة التروس الكوكبية الأمامية التي تحرك الترس الحلقي الأمامي في اتجاه مضاد بسرعة مخفضة. ويقوم الترس الحلقي بإدارة الترس الشمسي الخلفي، عبر العمود الأجوف. ويدير الترس الشمسي بدوره التروس الكوكبية الخلفية التي تتدحرج على الترس الحلقي. ويدور حامل التروس الكوكبية والعمود المقود في نفس اتجاه دوران الترس الشمسي الخلفي، ولكن بسرعة أكثر انخفاضا. وتكون نسبة النقل الكلية عالية عند عكس اتجاه الدوران.

حامل التروس الكوكبية والعمود المقود في نفس اتجاه دوران الترس الحلقي، وتكون نسبة نقل الحركة لطاقم التروس الكوكبية الخلفي هي نفس النسبة الكلية لنقل الحركة، علما بأنها تكون أقل منها لطاقم التروس الكوكبية الأمامي.

في التعشيقة الرابعة، يوقف كلا طاقمي التروس الكوكبية بواسطة القابضين K2, K1، وتدور كلها معا كوحدة واحدة، دون أن يحدث أي تغير في نسبة نقل الحركة.

في التعشيقة الخلفية (شكل ١٨٣ - ٢)، يقبض شريط الفرملة B3 على حامل التروس الكوكبية الأمامي، وبالتالي يثبت العمود الوسط والترس الحلقي الخلفي، ويقوم القابض K3 المشغل، بوصل الترس الحلقي الأمامي عبر العمود الأجوف بالترس الشمسي الخلفي، وتكون الحركة في الاتجاه العكسي مع نسبة نقل عالية لحركة.

الارتداد التلقائي (Kickdown) ويتوقف فيه التعشيق التلقائي على تحميل المحرك وعلى سرعة دورانه. فعند السير مع الضغط الشديد على دعسة الوقود، يعشق صندوق التروس متأخرا إلى السرعة الأعلى. فتمارس المركبة تسارعا جيدا. وعند السير مع الضغط الخفيف على دعسة الوقود، يعشق صندوق التروس مبكرا إلى السرعة الأعلى، ويكون تسارع المركبة ضئيلا، وعندما يكون التسارع العالي مطلوبا - كما هو الحال عند تخطي (تجاوز) المركبات الأخرى مثلا - يمكن الضغط على دعسة الوقود حتى تتجاوز نقطة ضغط واضحة يمكن الإحساس بها، فيعشق صندوق التروس إلى السرعة الأقل. ولا يعاود التعشيق إلى السرعات الأعلى مرة أخرى، حتى ترتفع سرعة الدوران ارتفاعا كبيرا. وتعرف هذه العملية عموما بالارتداد التلقائي للتعشيق. أما إذا كانت سرعة السير عالية أصلا مع الضغط على دعسة الوقود بحيث تكون سرعة الدوران عالية جدا بالنسبة للتعشيقة التالية في الانخفاض، فلا يعشق صندوق التروس إلى السرعة الأقل.

أوضاع ذراع الاختيار: يستخدم السائق ذراع الاختيار لتشغيل صندوق التروس الأوتوماتي. وتكون تحت تصرفه عموما أوضاع الاختيار الستة الآتية:

- وضع الانتظار (Parking)، حيث لا يكون هناك أي اتصال ميكانيكي بين المحرك وصندوق التروس، عبر محولات عزم الدوران والقوابض الهيدرولية. وتتم إعاقة التدحرج غير المتوقع للمركبة على الطريق، بمنع حركة العمود المقود، بواسطة عجلة مانعة خاصة بوضع الانتظار.

ولا يجوز دفع ذراع الاختيار إلى وضع الانتظار إلا عندما تتوقف المركبة عن السير تماما. وفضلا عن ذلك يجب شد الفرملة اليدوية على كل حال عند وضع الانتظار.

- التعشيقة الخلفية، وهنا أيضا لا يجوز دفع ذراع الاختيار إلى هذا الوضع إلا في حالة توقف المركبة عن التحرك تماما.
- السير العادي، وفيه يعشق صندوق التروس تلقائيا بالتعشيقات الأمامية حسب سرعة السير، وحسب تحميل المحرك. أما في حالة الارتداد التلقائي للتعشيق أو في حالة التغذية بوقود زائد، تعود تعشيقة صندوق التروس إلى السرعة الأقل.
- الوضع المحايد، لا يحدث نقل للقوة في هذا الوضع بين المحرك وصندوق التروس.
- وضع التسلق والكبح بالمحرك، ويخصص للسير في الطرق الجبلية الطويلة ذات الانحدارات المتوسطة صعودا وهبوطا. وفي هذا الوضع لا يصل صندوق التروس إلى التعشيقة العليا.
- وضع التسلق والكبح البطيئان بالمحرك، وهو ملائم للسير في الممرات شديدة الانحدار، أوعند ازدحام المرور. ولا يتجاوز تعشيق صناديق التروس ذوات الثلاث سرعات في هذه الحالة، التعشيقة الأولى. كما لا يتجاوز تعشيق صناديق التروس ذوات الأربع سرعات، التعشيقة الثانية.

وتميز أوضاع ذراع الاختيار بحروف هجائية أو بأرقام، فيرمز الحرفان P، R في المعتاد لوضع الانتظار ووضع السير للخلف على التوالي، ولا توجد رموز تم الإجماع على استخدامها لبقية أوضاع ذراع الاختيار.

ويمكن بدء تشغيل المحرك، إما في وضع الانتظار أو في الوضع المحايد. ويكون بدء سير المركبة بالتعشيق في أحد أوضاع ذراع الاختيار إلى الأمام أو إلى الخلف.

وعندما يكون المحرك في حالة الدوران المحايد، مع التعشيق في وضع السير، فإن المركبة تميل إلى الزحف من وضع السكون على الطريق الأفقي. ويمكن منع ذلك بالتشغيل الخفيف لفرملة القدم.

وفي حالة جر المركبة (عند حدوث عطب بها)، يجب أن تكون ذراع الاختيار في وضع السير العادي. ويجب ألا تتعدى سرعة الجر 50 km/h. كما يجب ألا تزيد مسافة الجر عن 50 km، ويتعين مراعاة تعليمات جهة الصنع في جميع الأحوال.

صناديق التروس نصف الأوتوماتية. لقد أدى ارتفاع أثمان صناديق التروس الأوتوماتية إلى قصر استعمالها في سيارات ركوب الأشخاص حتى الآن على طبقة السيارات الفاخرة عالية الثمن. ولإتاحة الفرصة أمام مستخدمي السيارات العادية ذات التكلفة الأقل، للاستفادة بميزات صناديق التروس الأوتوماتية، فقد تم تطوير صناديق تروس نصف أوتوماتية، حيث يكون التعشيق فيها أساسا أقل تكرارا، وأن تكون عملية التعشيق أكثر بساطة، إذ يتم فصل القابض فيها وإقرانه بطريقة تلقائية.

ويبين (شكل ١٨٥ - ١) تمثيلا تخطيطيا لتصميم صندوق تروس نصف تلقائي. تتكون أجزاؤه الرئيسية من:

- المحول الهيدرولي لعزم الدوران، ويصنع من ألواح الصاج، ويعمل طبقا لنظام تريلوك (Trilok)، ويتولى وظيفة قابض بدء السير. ويقوم بتحويل عزم الدوران من نسبة 1:1 تقريبا إلى حوالي ما يزيد على الضعف.
- قابض التعشيق الأوتوماتي (ذاتي التشغيل)، ويتخذ شكل قابض جاف مفرد القرص، وتنتج قوة الضغط على القرص الضاغط من نابض غشائي، مما يجعل القابض ذا حجم صغير.

- صندوق التروس، ويقابل في تصميمه صندوق التروس النمطي ذا الأربع سرعات، ولكن بدون التعشيقة الأولى التي يقوم بوظيفتها محول عزم الدوران.
- المحرك المؤازر وجهاز التحكم. يتكون المحرك المؤازر أوكياس التشغيل من علبة من الصفيح يوجد بها غشاء يؤثر الضغط الجوي على أحد وجهيه بينما يتصل الوجه الآخر بوصلة الضغط المنخفض (التفريغ). وتقوم رافعة بنقل حركة الغشاء إلى رافعة تشغيل القابض. ويتم التحكم في الضغط المنخفض في المحرك المؤازر بواسطة صمام يُشغل كهربائيا. عملية فصل القابض، يستخدم الضغط المنخفض في هذه العملية.

ويقع هذا الضغط المنخفض في ماسورة المص (السحب) للمحرك، وهو يقوم بفصل القابض عن طريق المحرك المؤازر، أثناء عملية التعشيق. وتستغرق عملية فصل القابض جزءا من عشرة من الثانية فقط، ابتداء من لحظة لمس ذراع التعشيق. ويتوقف على وضع صمام الخنق وبالتالي على وضع دعسة الوقود.

إرشادات للقيادة:

يجب أن تكون ذراع التعشيق في الوضع المحايد، عند بدء تشغيل المحرك.

ولبدء السير توضع التعشيقة المرغوب فيها وتحرر الفرملة اليدوية ويغذى الوقود. ويمكن بدء السير بأي تعشيقة.

تستخدم التعشيقة الأولى في المقام الأول عند بدء السير في الطرق الصاعدة شديدة الانحدار. ويوصى باستخدام التعشيقة الثانية عند الحاجة إلى تسارع كبير على طريق مستو، كما هو الحال في حركة المرور بمدينة كبيرة مثلا. وتستخدم التعشيقة الثالثة للتسارعات العادية في الشوارع المستوية والمائلة.

وعند التعشيق تمنع تغذية الوقود ثم تختار التعشيقة التالية علوا أو انخفاضا، ثم تترك ذراع التعشيق.

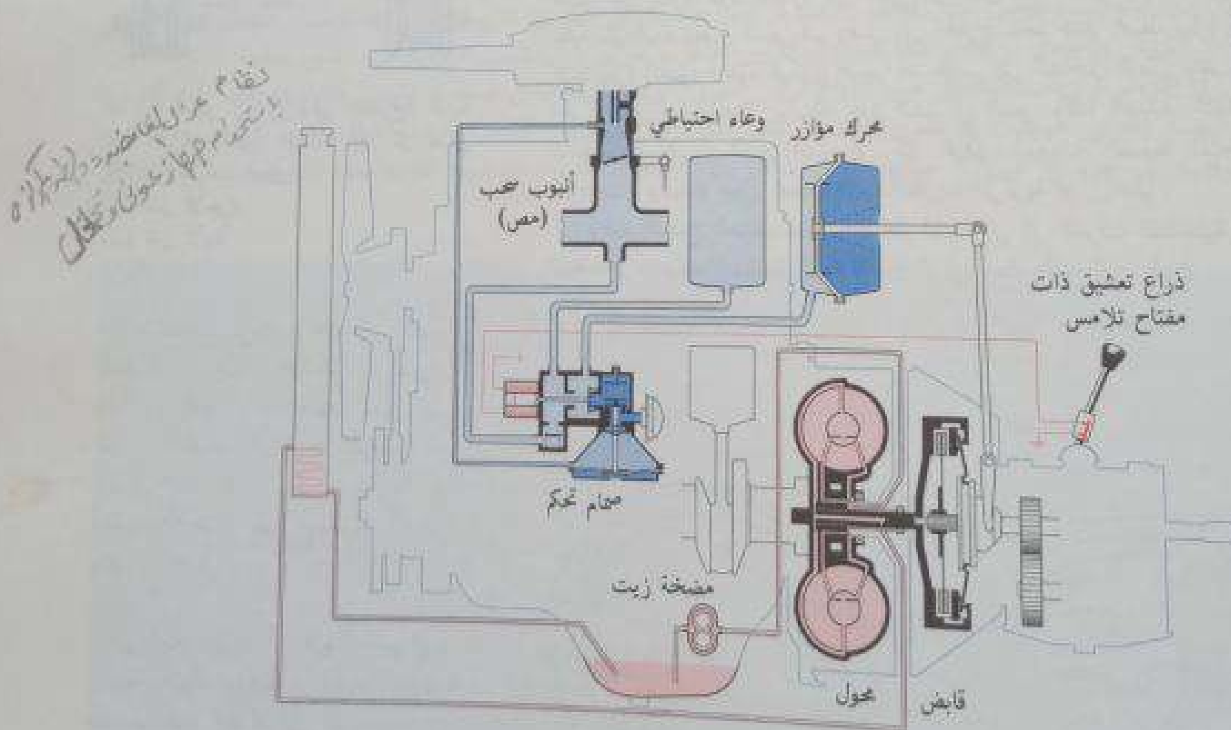
وعند التوقف تشغل دعسة الفرملة، ويعشق صندوق التروس عند الوضع المحايد وتشد الفرملة اليدوية. وفي حالة التوقف لفترة قصيرة يكتفى بالفرملة، ويمكن أن يبقى التعشيق قائما.

تسحب الفرملة اليدوية بشدة عند الوقوف للانتظار، وتحرك ذراع التعشيق إلى وضع الانتظار.

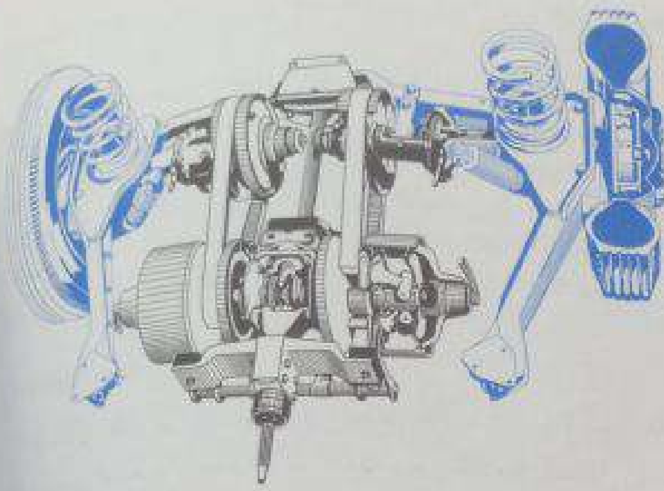
ولجر مركبة أخرى تختار إحدى التعشيقتين الأولى أو الثانية. ويكون الجر بسرعة أعلى منها في حالة المركبات ذات القابض الميكانيكي.

مجموعة الإدارة الأوتوماتية السلسة (غير المتدرجة)

(مجموعة الإدارة الأوتوماتية السلسة للشركة الهولندية DAF). لايتحقق النقل بأسلوب ميكانيكي سلس (غير متدرج) بواسطة التروس. وتعتبر المجموعة الوحيدة للإدارة الميكانيكية السلسة المستعملة في المركبات الآلية حتى الآن، تلك المنتجة إنتاجا نمطيا، والتي تستخدمها شركة DAF في مركباتها. وهي مجموعة إدارة تامة الأوتوماتية، تستخدم السيور ذات مقطع حرف V العريضة (شكل ١٨٦ - ١).



١٨٥ - ١ عملية فصل القابض. بضغط ذراع التعشيق تقفل دائرة المغنطيس الكهربائي لصمام التحكم، عبر مفتاح التلامس بذراع التعشيق. ومن خلال صمام رئيسي، يسمح المغنطيس الكهربائي بسريان الضغط المنخفض من ماسورة السحب (المص) إلى المحرك المؤازر. عندئذ يضغط الهواء الجوي - الموجود في الغرفة اليمنى للمحرك المؤازر - على الغشاء إلى جهة اليسار، فيفصل القابض عن طريق رافعة، وبواسطة تحريك ذراع التعشيق يتم تعشيق السرعة المرغوبة. وعند ترك ذراع التعشيق حرة يقوم مفتاح التلامس بقطع دائرة تيار المغنطيس الكهربائي، فيعود الصمام الرئيسي إلى وضع البداية، أي يقوم الهواء الجوي المتدفق عبر صمام التوجيه بإلاشاة الضغط المنخفض في المحرك المؤازر. ويعود القابض للإقران مرة أخرى ويعمل الوعاء الاحتياطي على اختزان الضغط المنخفض، بحيث يظل في الإمكان تشغيل القابض عدة مرات بعد توقف المحرك.

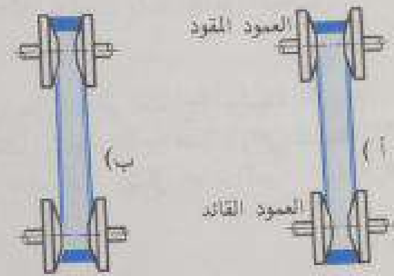


١٨٦ - ١ مجموعة الإدارة الأوتوماتية السلسة (Variomatic)، ويستخدم فيها سيران مقطعهما على شكل حرف V عريض لنقل الحركة وتحويل عزم الدوران. ويمكن إزاحة النصفين الخارجيين لبكرات السيور في الاتجاه المحوري، ويتغير التباعد بين نصفي (جزئي) بكرات السيور المركبة على أعمدة الإدارة تبعا لسرعة الدوران، عن طريق أثقال الطرد المركزي، كما يتغير أيضا تبعا للحمل، عن طريق كل من الضغط المنخفض في أسطوانات الضغط المنخفض، والشد في السيور. ويضبط تباعد نصفي البكرتين على العمود المقود بواسطة قوة نوابض.

تركيب مجموعة تغيير السرعة (الإدارة): يجهز كل من العمود القائد والعمود المقود ببكرة سير حرف V، وتتركب كل بكرة من قرصين مخروطيي الشكل أحدهما قابل للانزلاق. ويتم نقل الحركة من بكرة إلى أخرى بواسطة سير ذي مقطع بشكل شبه منحرف مصنوع من مطاط اصطناعي مقوى بأنسجة.

طريقة عمل مجموعة تغيير السرعة: عند بدء الحركة يستقر السير في بكرة العمود القائد في الداخل تماما، ويستند سير بكرة العمود المقود على المحيط الخارجي للبكرة تماما، ويعطي هذا الوضع أعلى نسبة نقل للحركة وأكبر عزم دوران. ومع ازدياد سرعة المركبة تضغط أثقال الطرد المركزي - الموجودة في بكرة عمود الإدارة (العمود القائد) - على نصف البكرة القابل للانزلاق محوريا، دافعة إياه في اتجاه نصف البكرة الثابت، فيتحرك السير على بكرة عمود الإدارة إلى الخارج ويخفض نسبة نقل الحركة. وعندما تبلغ المركبة غاية سرعتها، يكون السير قد وصل إلى الخارج تماما عند محيط بكرة عمود الإدارة، أما عند بكرة العمود المقود فيكون السير قد غاص إلى الداخل تماما. وتتم مواءمة نسبة نقل الحركة مع حمل المحرك بواسطة قوة الشد في السير وكذا الضغط المنخفض السائد في ماسورة السحب، الذي يصل إلى كلا غرفتي أسطوانة الضغط المنخفض من خلال صمامات. وبذلك يمكن خفض القوة الطاردة المركزية أو زيادتها.

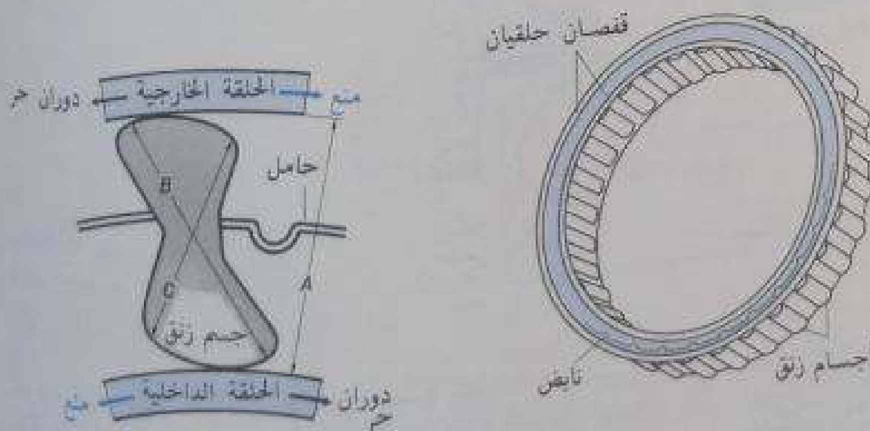
وعند الكبح العنيف يصل الضغط المنخفض إلى الغرف الداخلية لأسطوانة الضغط المنخفض، فترتفع نسبة نقل الحركة، وبالتالي يزداد تأثير كبح المحرك.



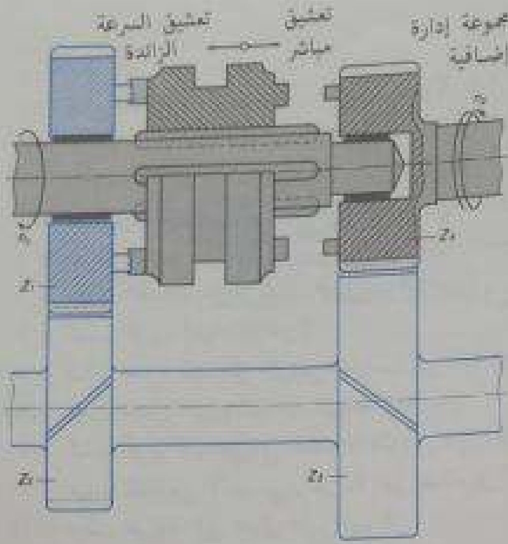
١٨٦ - ٢ التغيير السلس (غير المتدرج) لنسبة نقل الحركة، بتغيير المسافة بين كل نصفي بكرة من بكرات السيور.
أ) نقل للأسرع
ب) نقل للأبطأ

صناديق تروس خاصة: تعتبر تعشيقة العجلة المطلقة (الدوران الحر) في اتجاه واحد تجهيزة تعمل على صون المحرك وتوفير الوقود له (شكل ١٨٦ - ٣)، ويجري تركيبها في أغلب الأحيان بين صندوق التروس وعمود الإدارة.

ويقطع انتقال عزم الدوران، عندما تترك دعسة الوقود حرة، حينئذ يعود المحرك إلى سرعة دوران اللاحمل، ويستهلك من الوقود قدرا أقل. وبتعشيق تجهيزة العجلة المطلقة (الدوران الحر)، يصبح استغلال التأثير الكابح للمحرك أثناء هبوط المنحدرات غير ممكن. لذلك يجب أن تكون إعاقة تجهيزة العجلة المطلقة (الدوران الحر) ممكنة.



١٨٦ - ٣ تسمح تعشيقة العجلة المطلقة (الدوران الحر) بالحركة الدورانية في اتجاه واحد فقط. وهي تتكون من حلقتين واحدة داخلية وأخرى خارجية، وكذا حامل أجسام الزنق. ويلاحظ أن البعد القطري B أكبر من البعد بين الحلقتين A. أما البعد القطري C فهو أصغر. نتيجة لذلك تنشز أجسام الزنق، فتمنع الحركة في اتجاه، بينما تسمح بها في الاتجاه المعاكس.



١٨٧ - ١ تعشيقة السرعة الزائدة (Over Drive Gearing). يؤدي الاتصال الميكانيكي الخاص بين المحرك ومحور الإدارة إلى زيادة إجبارية لسرعة دوران المحرك، عند زيادة سرعة السير، ويتسبب ذلك في إجهاد المحرك إجهاداً كبيراً، إلى جانب زيادة غير لازمة في استهلاك الوقود. وعند تركيب تعشيقة السرعة الزائدة - بعد صندوق التروس العادي - تنخفض سرعة دوران المحرك، عند نفس سرعة سير المركبة، وتصبح سرعة الدوران n_2 أعلى من سرعة الدوران n_1، حيث أن عدد أسنان الترس z_1 أكبر من عدد أسنان الترس z_2، وعدد أسنان الترس z_3 أكبر من عدد أسنان الترس z_4 أيضاً.

صندوق التروس الإضافي. في حالة المركبات العابرة للأقاليم، يجب أن تكون سرعة الدوران n_2 أصغر من سرعة الدوران n_1، حتى يمكن معها زيادة قوة الجر على عجلات الإدارة. ويركب صندوق التروس الإضافي مع صندوق التروس العادي، ليصبحا كتلة واحدة. ويختلف صندوق التروس الإضافي عن تعشيقة السرعة الزائدة في نسبة النقل. عند اختيار z_1 - على وجه التحديد - أقل من z_2، وعلى أن تكون z_3 أقل من z_4، فإننا نحصل على خفض كبير للحركة المنقولة وزيادة لقوة الجر.

صندوق التروس بتعشيقة السرعة الزائدة (شكل ١٨٧ - ١)، ويسمح بخفض سرعة دوران المحرك عند السرعة القصوى. وهو بذلك يصون المحرك، ويمنع الارتفاع الشديد في درجة الحرارة، ويقلل من استهلاكه للوقود. وتمثل هذه التعشيقة نقلاً للأسرع، وغالباً ما تتخذ شكل صندوق تروس إضافي، يركب على صندوق التروس مباشرة بواسطة شفة. ويتم تعشيق السرعة الزائدة، إما بواسطة رافعة، أو بطريقة تلقائية، عند تحرير دعسة الوقود. ويسمى هذا النوع التلقائي، بتعشيقة السرعة الزائدة.

صندوق التروس الإضافي، ويوجد بكثرة في المركبات التي تسير في الطرق غير الممهدة، وفي مواقع البناء ومواقع العمل في الغابات، ويقوم صندوق التروس الإضافي - الذي يركب خلف صندوق التروس العادي - بمضاعفة عدد تعشيقات صندوق التروس العادي، ويمكّن من الحصول على نسبة خفض عالية جداً، وبذلك يزداد عزم الدوران عند عجلات الإدارة، زيادة كبيرة وتنخفض السرعة.

صيانة صناديق التروس بالمركبات الآلية: تنحصر الصيانة في تغيير الزيت، الذي يفضل أن يكون في حالة دافئة حتى يتم التخلص من أكبر قدر ممكن من الشوائب، والجزيئات المتآكلة. وعندما تظهر مشاكل في صناديق التروس - مثل ضوضاء التعشيق عند تغيير السرعة، واصطكاك التروس والمحامل - يجب فك صندوق التروس طبقاً لما هو وارد في كتيب الإرشادات الخاص بالجهة المنتجة. فإن اكتشف وجود بلى في التروس، وجب استبدال هذه بأزواج تروس أخرى. وإن كانت محامل صندوق التروس قد أدت عملها لمدة كافية، وجب استبدالها أيضاً بأخرى جديدة، في نفس الوقت. ويعتبر أكثر أعطال صناديق التروس تكراراً، عطل جهاز التزامن. وتفحص الأجزاء بعناية، ويجدد كل جزء به عيب أو مستهلك. ويجب أن يكون إصلاح صندوق التروس، بحيث تتناسب تكاليف الإصلاح مع عمره المنتظر.

الملخص:
- تتوقف قدرة محرك الاحتراق الداخلي على سرعة دورانه، ومن ثم فإن صناديق التروس ضرورية للمركبات الآلية.
- يمكن تقسيم صناديق التروس إلى صناديق تروس متدرجة، وصناديق تروس تلقائية، ومجموعات إدارة أوتوماتية سلسة (غير متدرجة) وصناديق تروس خاصة.
- أصبحت صناديق التروس المنزلقة طرازاً قديماً، وفيها يتم تغيير التعشيق بانزلاق التروس على العمود الرئيسي.
- تكون التروس في صناديق التروس المتزامنة في تعشيق دائم، ويتم التعشيق بضغط جسم التزامن على الترس المراد تعشيقه، بواسطة جلبة التعشيق. ونتيجة للاحتكاك تكتسب التروس نفس السرعة، وينتقل عزم الدوران من الترس إلى العمود الرئيسي، عن طريق جسم التزامن.
- أما في صناديق التروس المتزامنة المانعة، فلا يمكن أن تقوم ذراع التعشيق بعملية التعشيق، إلا بعد أن تتساوى السرعات.
- صناديق التروس الكوكبية هي مجموعات تروس دوارة، وتصلح بوجه خاص لصناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية)، نظراً لأن تصميمها قصير الطول، وأن مقدرتها على التحمل عالية.
- تتكون صناديق التروس الأوتوماتية من محول عزم دوران أو قابض هيدرولي ومجموعة تروس كوكبية ونظام تحكم.
- يجري تغيير التعشيق بطريقة تلقائية تبعاً لسرعة السير، ومدى تحميل المحرك.
- يتم تحويل عزم الدوران بواسطة تغيير مسار الزيت بالعجلة الدليلية، في محول عزم الدوران، ويتوقف مقدار تغير عزم الدوران على فرق سرعة الدوران بين عجلة الضخ وعجلة التوربينة.
- في مجموعة تريلوك، لا يتأتى للعجلة الدليلية أن تدور، إلا في نفس اتجاه دوران عجلة الضخ وعجلة التوربينة.
- الارتداد التلقائي للتعشيق، وينتج عن تغذية مفاجئة بالوقود بقصد التسارع الشديد.
- تتكون صناديق التروس نصف الأوتوماتية من المحول الهيدرولي لعزم الدوران، والقابض المشغل تلقائياً، ومجموعة تروس تغيير السرعة، والمحرك المؤازر ومعه جهاز التحكم.
- يتم الاقتران في صناديق التروس نصف الأوتوماتية، بواسطة الضغط المنخفض (التفريغ)، في ماسورة السحب. وتجرى عملية فصل القابض بمجرد تحريك ذراع التعشيق. ويكون تغيير نسبة النقل في مجموعات الإدارة الميكانيكية السلسة، بتغيير تباعد أنصاف بكرات السيور حرف V المريضة - مخروطية الشكل. وتقوم أثقال الطرد المركزي بتغيير نسبة النقل، تبعاً لسرعة سير المركبة. كما يقوم الضغط المنخفض في ماسورة السحب أيضاً، بتنظيم سرعة السير تبعاً لحمل المحرك.

أسئلة:

١ – لماذا تحتاج المركبات الآلية المسيرة بمحركات الاحتراق الداخلي إلى صندوق تروس؟
٢ – ما هي الوظائف التي يؤديها صندوق التروس؟
٣ – صف التكوين الأساسي لصندوق التروس.
٤ – ما هي المصاعب الناجمة عن التعشيق في صناديق التروس المنزلقة؟
٥ – ما هي مزايا صناديق التروس ذوات جلب التعشيق بالنسبة لصناديق التروس المنزلقة؟
٦ – ما هو الهدف من تركيب تجهيزات التزامن؟
٧ – كيف تجرى عملية التزامن؟
٨ – لماذا تحتاج صناديق التروس المتزامنة إلى فترة زمنية قصيرة للتعشيق؟
٩ – كيف تعمل تجهيزة التزامن المانعة؟
١٠ – كيف تجرى التعشيق في صندوق التروس ذي الخابور المنزلق؟
١١ – صف التكوين الأساسي وطريقة عمل صندوق التروس الكوكبي.
١٢ – صف طريقة عمل محول عزم الدوران.
١٣ – ما هو المقصود بنقطة الإقران للمحول؟
١٤ – ما هي تصميمات مجموعات التروس الكوكبية التي تدخل في تركيب صناديق التروس الأوتوماتية؟
١٥ – ما هي وظائف نظام التحكم الهيدرولي؟
١٦ – ما هي وظيفة المنظم؟
١٧ – ما هي وظيفة صمام الخنق؟
١٨ – ماذا يقصد بالارتداد التلقائي للتعشيق؟
١٩ – ما هي الأوضاع المختلفة المتاحة لذراع الاختيار في صناديق التروس الأوتوماتية؟
٢٠ – من أي الأجزاء الأساسية تتكون صناديق التروس نصف الأوتوماتية؟
٢١ – صف عملية فصل القابض لصندوق التروس نصف الأوتوماتي.
٢٢ – صف طريقة عمل مجموعة الإدارة الأوتوماتية السلبية.
٢٣ – لماذا تحتاج بعض المركبات إلى صندوق تروس إضافي؟
٢٤ – صف طريقة انتقال الحركة من عمود الإدارة (القائد)، إلى صندوق التروس، ثم إلى العمود المقود لصندوق التروس الإضافي.
٢٥ – لماذا يركب مغنطيس في سدادة تصريف الزيت بصندوق التروس؟

٥ – ٣ إدارة العجلات

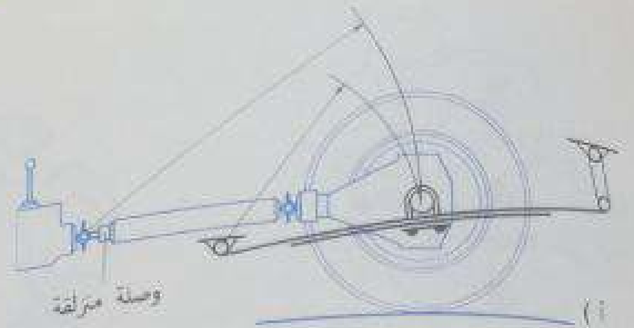
يلتقي كل من العمود المفصلي (عمود الكردان)، ومجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية)، ومجموعة التروس الفرقية، وأعمدة الإدارة، إلى مجموعة إدارة العجلات، كأجزاء رئيسية فيها. ويتعين نقل عزم الدوران من صندوق التروس، حتى العجلات المديرة. وهناك أجزاء أخرى مختلفة لنقل الحركة، يلزم وجودها إلى جانب ذلك (شكل ١٨٩ – ١)، تبعا لترتيب أوضاع كل من المحرك، وصندوق التروس، ومجموعة تروس إدارة المحور في المركبة.

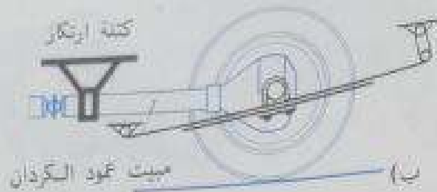
ففي التصميم النمطي – حيث يكون المحرك في المقدمة، والعجلات المديرة (القائدة) في المؤخرة – يقوم العمود المفصلي الممتد في الاتجاه الطولي للمركبة، بنقل عزم الدوران إلى مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية)، ثم إلى أعمدة المحاور الخلفية عبر مجموعة التروس الفرقية، حيث تدور الأعمدة داخل المحور الخلفي الجاسئ؛ وتتصل بالعجلات المديرة.

وفي المركبات ذات عجلات الإدارة مستقلة التعليق (كل عجلة على حدة)، أو تلك ذات محرك خلفي، أو هذه التي تحتوي على مجموعة إدارة أمامية للعجلات، ينقل عزم الدوران بين مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية) والعجلات المديرة، عن طريق أعمدة الإدارة المزودة أيضا بوصلات مفصلية.

العمود المفصلي، ووظيفته نقل عزم الدوران من صندوق التروس إلى مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية). ويجب أن يصمم هذا العمود بحيث يسمح بتغيرات زاوية وطولية. أما في المركبات التي يثبت مبيت تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية) بهيكلها تثبيتا جاسئا، فيجب تركيب عمود مفصلي، حتى يمكن استيعاب فروق التركيب والتفاوتات المسموح بها في الإنتاج، وانفعالات (تشكل) المركبة أثناء السير.

التركيب: يتركب العمود المفصلي في الغالب من جزئين. فيصنع جسم العمود ذاته، أي أنبوب العمود المفصلي من أنبوب فولاذي مسحوب خال من الدرزات والنتوءات، ومصلد ومطبع حراريا، وتلحم عند أحد طرفيه وصلة مفصلية أو شفة لوصلة مفصلية.





١٨٩ - ١
أ) تتبع حركة المحور الخلفي الخاسي وعورة الطريق، وبالتالي يتغير وضعه بالنسبة لجسم المركبة باستمرار. وتسمح وصلتان مفصليتان عامتان ووصلة منزلقة، لمحور الإدارة بالتحرك المرن صعودا وهبوطا.

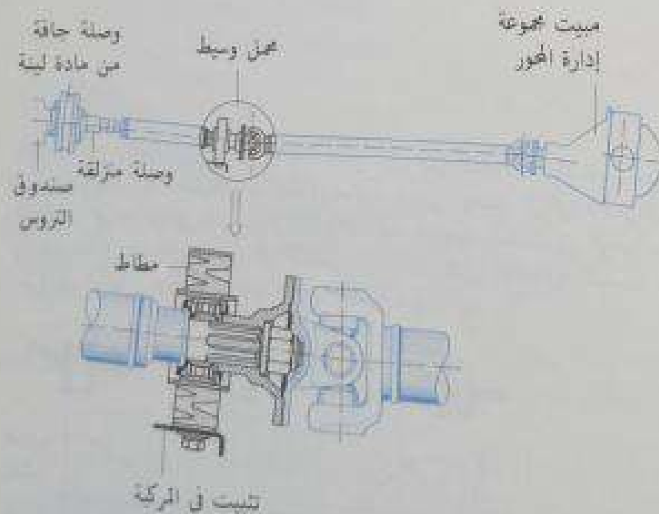
ب) عمود مفصلي بداخل مبيت عمود الكردان. وهنا تلزم وصلة مفصلية واحدة فقط.

ع تلحم عند الطرف الآخر قطعة من عمود مخدد (شكل ١٨٩ - ٣). أما الجزء الثاني فهو القطعة المنزلقة ذات الصرة المحددة المزاوجة للعمود، والتي تلحم مع الوصلة المفصلية الثانية أو شفتها. وتعمل حلقة من اللباد على إحكام القطعة المنزلقة ضد دخول الأوساخ والماء.

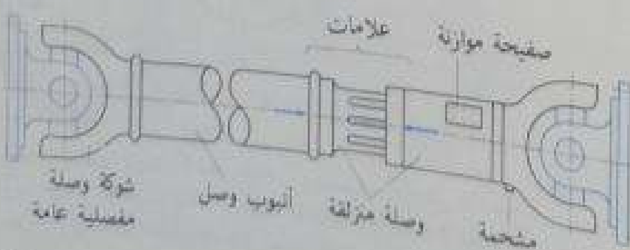
التحميل: يحمّل العمود المفصلي (الكردان) أساسا بإجهاد لي، ناشئ عن عزم الدوران، كما يتعرض لقوى صدمية بسبب تبدل الحمل، وبسبب عمليات التعشيق. ولتجنب حدوث اهتزازات، يجب أن يكون العمود المفصلي قصيرا ما أمكن. لذا يزاد طول العمود الخارج من صندوق التروس، ويزود بمحمل مثبت فيما يسمى برقبة صندوق التروس. أو قد يجزأ العمود المفصلي ويوضع في محمل وسيط، مثبت في المركبة (شكل ١٨٩ - ٢)، وقد يؤدي عدم توازن العمود المفصلي إلى اهتزاز المركبة بأكملها، وإلى الإتلاف التدريجي لحامل صندوق التروس، ومبيت مجموعة إدارة المحور (الإدارة النهائية). ويمكن تحقيق توازن العمود المفصلي توازنا استاتيا (سكونيا) وديناميا (حركيا)، باستخدام صفائح موازنة (شكل ١٨٩ - ٣)، تثبت على العمود المفصلي بالحام النقطي.

الوصلات المفصلية: تنقسم الوصلات المفصلية عموما إلى وصلات مفصلية عامة، ووصلات جافة. ويمكن تقسيم الوصلات المفصلية تبعا للتركيب، ومادة الصنع والصيانة، وخواص الأداء الوظيفي كما يلي:

- الوصلات المفصلية المرنة، القابلة للحركة.
- الوصلات المفصلية المصنوعة من معدن ومادة لينة.

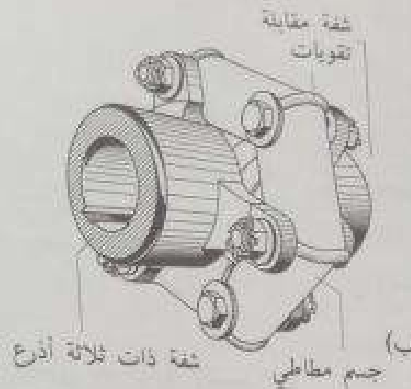


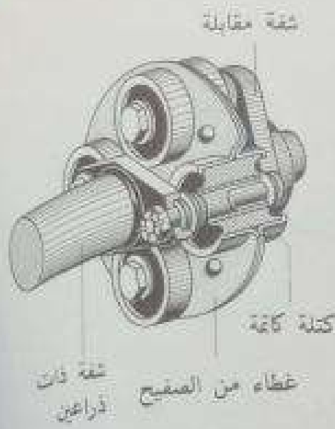
١٨٩ - ٢ يمكن أن يزيد انخفاض وضع العمود المفصلي (الكردان) المجزأ ذي المحمل الوسيط، وبالتالي يمكن جعل أرضية المركبة أكثر استواء، والتوصل إلى استفادة أفضل للحيز. كما يصبح العمود المفصلي أقصر، وبالتالي نحصل على نقل لحركة يكاد يكون خاليا من الاهتزازات.



١٨٩ - ٣ يمكن للأعمدة المفصلية أن تكون جاسئة أو قابلة لحركة في الاتجاه المحوري. ويلحم أنبوب الوصل - المصنوع من أنبوب فولاذي دقيق رقيق الجدار - مع الوصلات. وتصنع الأعمدة المفصلية القصيرة كجزء مصمت.







١٩٠ – ١ تتركب الوصلات الجافة من شفتين، تحتوي كل منهما على ثلاثة أذرع، وتثبت الشفتان ببعضهما البعض عن طريق كتل كاتمة، أو أجسام مطاطية، أو أقراص من نسيج مطاطي. وبذلك تقوم الوصلة المرنة بامتصاص صدمات الإدارة.

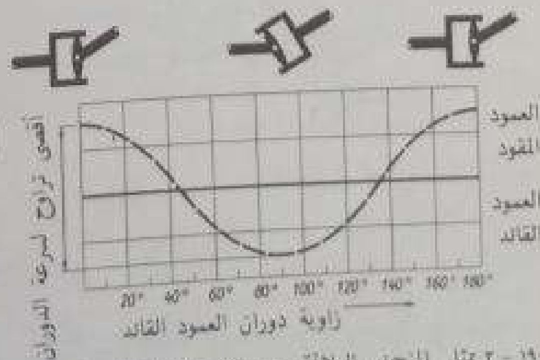
- الوصلات المفصلية الجافة والمزلقة.
- الوصلات المفصلية منتظمة الدوران والوصلات المفصلية غير منتظمة الدوران.

تصمم الوصلات المفصلية في الأعمدة المفصلية كقارنات مرنة، أو قارنات قابلة للحركة. ودائما ما تستخدم الوصلات المفصلية المعدنية القابلة للحركة، في حالة التغيرات الزاوية الكبيرة. وتقوم الوصلات المفصلية المرنة بخمد الصدمات والاهتزازات الناتجة عن عزوم الدوران غير المنتظمة، والتحميلات الفجائية أو الصدمية. ولتوصيل الأطراف المتشعبة، تستخدم في هذه الوصلات مواد لينة، مثل الأجزاء المطاطية المقواة. وهنا يستغنى عن التزليق، إذ تعمل هذه الوصلات في حالة جافة قليلة الاحتكاك لا تحتاج إلى صيانة.

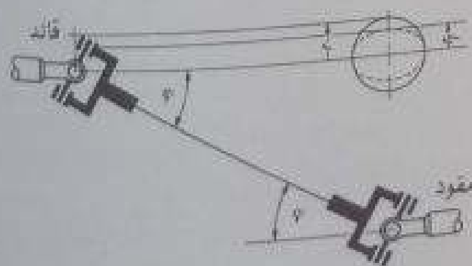
وتسمح الوصلات الجافة بالميل بزاوية حدها الأقصى قدره 10°، وتعتبر وصلة (قرص) هاردي المبينة في شكل (١٩٠ – ١) أكثر الوصلات الجافة استخداما. أما في مجال الوصلات المفصلية المعدنية، فإن الوصلة المفصلية العامة هي الأكثر انتشاراً (شكل ١٩٠ – ٢). وتتركب الوصلة المفصلية العامة من شعبتين متعامدتين؛ بالإضافة إلى قطعة مستعرضة ذات أربعة مرتكزات متصالبة. ومن أهم عيوب جميع الوصلات المفصلية العامة وما شاكلها، ظهور عدم انتظام، عندما لا تكون محاور الدوران على استقامة واحدة (شكل ١٩٠ – ٣). وتحتاج المركبات ذات المحرك الخلفي، أو تلك ذات الإدارة بالعجلتين الأماميتين، إلى وصلات مفصلية خاصة لأعمدة الإدارة. وعندما تستخدم الوصلة المفصلية العامة في المركبات المدارة بالعجلات الأمامية، توحّد (تدمج) لذلك وصلتان بأقل تباعد ممكن، لتكونا وصلة مفصلية مزدوجة (شكل ١٩١ – ١). ونظرا للمقدرة الحركية لوصلات الكريات وانتظام حركتها الدورانية، فإنه يغلب استعمالها في أعمدة الإدارة الأمامية، إذ يتعين على الوصلات هنا أن تنقل الحركة المفصلية (الانحرافية) بالإضافة إلى ذلك، حيث لا يجوز أن يتغير هنا، أي من شوط



١٩٠ – ٢ في الوصلة المفصلية العامة، تشكل كل من الشعبتين، والقطعة المستعرضة ذات المرتكزات المتصالبة بالحدادة بالمطرقة الساقطة في قوالب تشكيل. وتصنع من فولاذ قابل للتصليد الغلافي. وتستقر المرتكزات في محامل إبرية. ويؤدي الإحكام الجيد لمانعات التسرب إلى الوقاية من الأوساخ والرطوبة، وبذلك لا تحتاج الوصلة إلى أي صيانة. ولا تزال المحامل الانزلاقية مستعملة في الأنواع القديمة من المركبات الآلية، هذه التي يجب تزليقها بين حين وآخر.



١٩٠ – ٣ يمثل المنحنى العلاقة بين القيم اللحظية لسرعة دوران العمود المقود، وزاوية دوران العمود القائد. ويتوقف تراوح السرعة على النسبة $\frac{\omega_2}{\omega_1}$، حيث تتحدد ، بأبعاد الوصلة المفصلية العامة، ω_2 تتوقف ω_2 على زاوية ميل العمود المقود بالنسبة للعمود القائد (ψ). وعندما تكون $\psi = 0$،



تتساوى سرعتا دوران العمودين القائد والمقود. وعندما تكون $\psi = 30°$ تصبح $\frac{\omega_2}{\omega_1} = 0,866$ ويبلغ تراوح سرعة دوران العمود المقود نحو 35%. ولمعادلة عدم انتظام الحركة الدورانية، تركب وصلة ثانية على نفس الزاوية ψ.

١٩١ – ١ تسمح الوصلات المفصلية المزدوجة بزوايا ميل حتى 30°، وتتميز وصلات الكريات بالقدرة على استيعاب زوايا ميل أكبر تصل إلى 40°، حيث تتدحرج الكريات الفولاذية المصلدة على المسارات الدائرية عند انحراف المحاور.



الانحراف، أو السرعة المحيطية للعجلات، وإلا ترتب على ذلك إحساس بآثار هذه القوى في عملية توجيه المركبة، وجعلها أكثر صعوبة.

الصيانة والإصلاح: يجب أن تكون المركبات الآلية الحديثة، في غير حاجة إلى أعمال الصيانة، إلى أبعد حد ممكن. ولا يزال القليل من المركبات في حاجة إلى تزليق الوصلات المفصلية العامة، والوصلات المنزلقة. ويجب عمل فحوص دورية على أغطية الوصلات المفصلية تامة التغليف (المغلقة)، للتأكد من سلامتها، وكذلك على الوصلات المفصلية العامة من حيث الخلوص، ثم على الوصلات الجافة من حيث وجود قطع. ويجب العمل بأقصى حذر وعناية عند فك وتركيب العمود المفصلي (شكل ١٩١ – ٢). وعند استبدال مجموعة إدارة المحور (الإدارة النهائية) بأخرى، يجب سند الطرف الخلفي للعمود المفصلي. ويظهر عدم التوزان في العمود المفصلي، إن حدث به انبعاج أثناء الفك أو التجميع، أو إن أغفلت مطابقة العلامات بالوصلة المنزلقة. أما إذا لم تكن هذه العلامات موجودة، فتُعمل علامات متقابلة قبل القيام بالفك. ويجب أن تكون شعب (شوكات) كلا الوصلتين في مستوى واحد دائمًا، وبذلك تتم معادلة عدم انتظام الحركة الدورانية. ولا يصح وضع الأعمدة المفصلية في وضع رأسي بعد فكها، خشية أن تقع ويصيبها التلف. كما يحظر تسخين الأعمدة المفصلية بمشعل اللحام. ولا يجوز أن يكون هناك خلوص أكبر مما هو مسموح به في الوصلات المنزلقة.

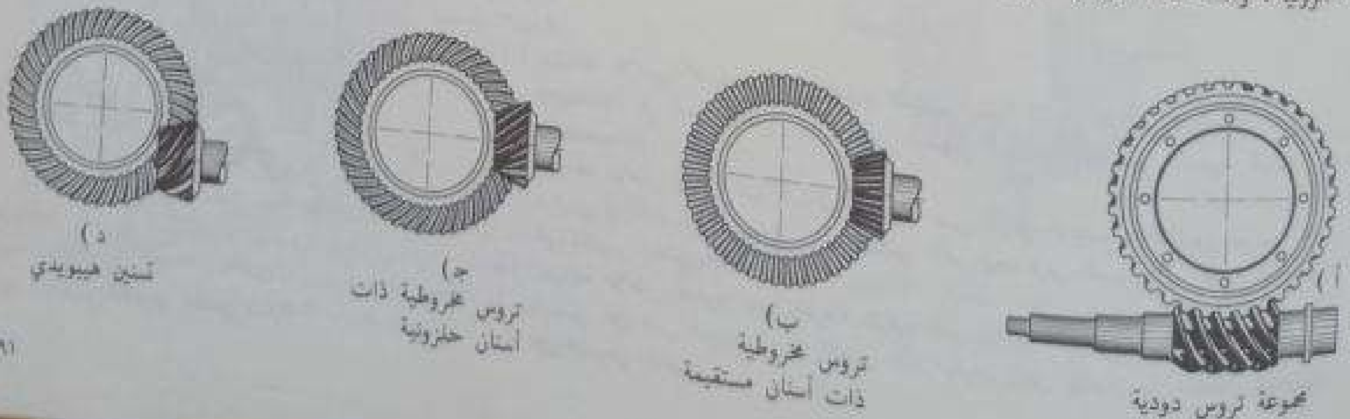
٥ – ٣ – ١ مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية)

مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية) هي عنصر الوصل بين العمود المفصلي، ومجموعة التروس الفرقية. وفي حالة المحرك المركب في الاتجاه الطولي، تقوم مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية) بتغيير اتجاه قوة الإدارة بزاوية قدرها 90°، كما تقوم في نفس الوقت بنقل الحركة الدورانية. وتكون نسبة نقل الحركة هذه: 5..4=i، في سيارات ركوب الأشخاص، بينما تكون: 10..6=i في الشاحنات.



١٩١ – ٢ صيانة وإصلاح العمود المفصلي.

١٩١ – ٣ استخدمت في الماضي مجموعات التروس الدودية، وتلك المخروطية ذات الأسنان المستقيمة (أ، ب). وقد استبدلت هذه في المركبات الحديثة، بمجموعات التروس المخروطية ذات الأسنان الحلزونية، وتلك ذات التروس الهيبويدية (ج، د).





١٩٢ – ١ الارتباط بين الترس الرئيسي (ترس التاج) وترس البنيون. تقوم الشركات الصانعة بإنتاج الترسين المخروطيين سويا وبتزاوجهما مع بعضهما البعض. وأن تلف أي من الترسين، فيتحتم استبدال زوج التروس سويا. ويحمل كل من الترس الرئيسي وترس البنيون نفس العلامات (الترقيم).

الأنواع والتركيب: يتم تغيير اتجاه مسار القوة الحركية من الاتجاه الطولي إلى الاتجاه المستعرض، بواسطة مجموعة تروس مخروطية، أو مجموعة تروس دودية، إلا أن الأخيرة لا تستخدم إلا نادراً. ويعرف الترس الصغير بالترس المخروطي القائد، أو ترس البنيون. وتوجد مجموعات تروس مخروطية ذات أسنان مستقيمة أو حلزونية، ومجموعات تروس هيبويدية (شكل ١٩١ – ٢). وتتميز مجموعات التروس ذات الأسنان الحلزونية، بأنها أقل جلبة (ضوضاء) وأكثر متانة. وتعتبر التروس الهيبويدية ذوات المحاور غير المتقاطعة (المرحلة أو المتجانبة) أكثر الأنواع انتشاراً. وهي تمتاز عن التروس ذوات المحاور المتقاطعة بميزتين أساسيتين هما:

أولا: من الممكن أن يكون الترس المخروطي القائد كبيراً، للحصول على نفس نسبة النقل.

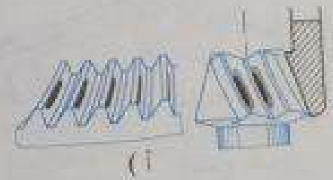
ثانيا: يمكن اكتساب حيز أكثر اتساعا لامتداد أقدام الركاب المصاحبين في السيارة، حيث يتسنى خفض مستوى النفق الخاص بالعمود المفصلي.

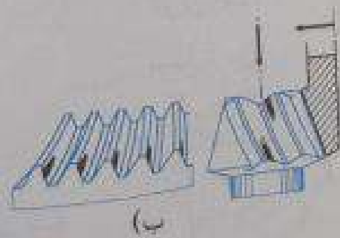
وهناك نظامان لتسنين هذا النوع من التروس هما: تسنين جليسون (Gleason)، وتسنين كلينجلنبرج (Klingelnberg)، وهي نسبة إلى أسماء الشركات الصانعة لها. ويختلف هذان النوعان في شكل رأس السن. ففي تسنين جليسون، تكون رأس السن في الترس الرئيسي إلى الخارج أعرض منها في الداخل.

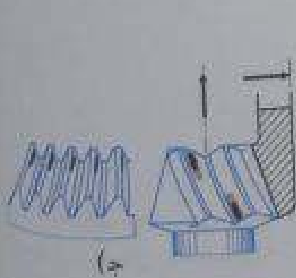
الصيانة والإصلاح: تصنع التروس المخروطية لمجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية) من الفولاذ السبائكي، وتصلد أسطحها الخارجية. ونظرا للأحمال العالية التي تتعرض لها الأسنان، يملأ مبيت مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية) بزيوت خاصة. أما عند الإصلاح، فلا يجوز تركيب إلا أزواج من التروس، ثم ترويض (تحضين) ترسا كل زوج منها معا، وترقيمها تبعا لذلك (شكل ١٩٢ – ١). وللحصول على دوران قليل الضوضاء، يجب أن تتعاشق التروس مع بعضها تعشيقا سليما. ومن ثم يلزم تلامس جوانب الأسنان عند دائرتي الخطوة للترسين. وتؤدي الأخطاء إلى دوران عالي الضوضاء وإلى بلى مبكر.

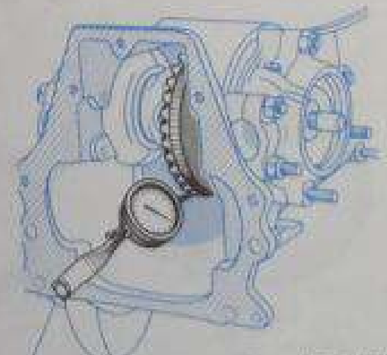
قواعد أساسية لضبط انطباعة التلامس

- تُظلى أسنان الترس المخروطي القائد (البنيون) بمداد التطبيع الأزرق.
- يدار الترس الرئيسي في كلا الاتجاهين دورة كاملة على الأقل.
- يكبح عندئذ ترس البنيون كبحا خفيفا.
- تقارن انطباعات التلامس بالصور الموضحة في شكل (١٩٢ – ٢). ويكون التصحيح في اتجاه الأسهم.
- يُفحص الخلوص الجانبي (شكل ١٩٢ – ٣).









١٩٢ – ٣ قياس الخلوص الجانبي للسن.

١٩٢ – ٢

أ) انطباعة تلامس صحيحة تحت الحمل. تنتسب صور الترس الرئيسي، لتسنين جليسون (Gleason)، في حين يوضح تمثيل ترس البنيون انطباعة التلامس لتسنين كلينجلنبرج (Klingelnberg).

ب) انطباعة تلامس قصيرة عند الطرف السميك لسن الترس الرئيسي. العلاج: يقرب الترس الرئيسي في اتجاه ترس البنيون، وإذا اقتضى الأمر يبعد ترس البنيون إلى الخارج للمحافظة على الخلوص الجانبي.

ج) انطباعة تلامس قصيرة عند الطرف الرفيع لسن الترس الرئيسي. العلاج: يبعد الترس الرئيسي عن ترس البنيون، وإذا اقتضى الأمر يقرب ترس البنيون إلى الداخل للمحافظة على الخلوص الجانبي.

• يلاحظ أن إزاحة الترس الرئيسي – في المقام الأول – تغير الخلوص الجانبي، أما إزاحة ترس البنيون فتنتج عنها زحزحة انطباعة التلامس، مع تأثير طفيف على الخلوص الجانبي.

إمكانيات الضبط:

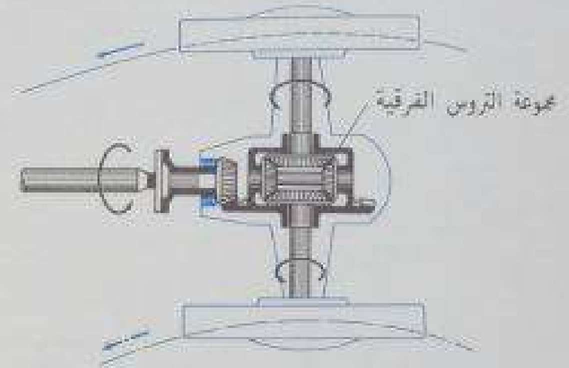
• ترس البنيون: توضع أقراص ضبط بين شفة العمود وجلبة المحمل.
• الترس الرئيسي: توضع شرائح ضبط بين أسطح المبيت والمحمل.

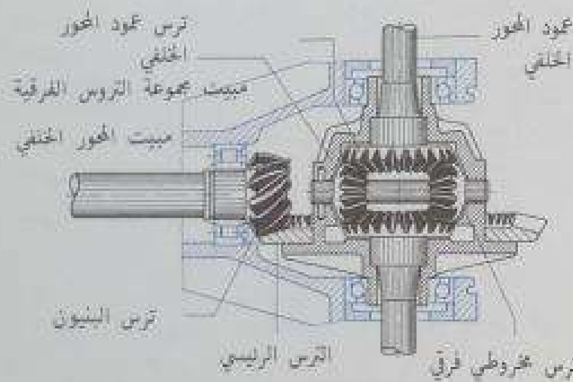
٥ – ٣ – ٢ مجموعة التروس الفرقية

تقوم مجموعة التروس الفرقية – المركبة في مبيت تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية) – بمعادلة الفرق بين سرعتي دوران العجلتين الدارتين عند السير في المنعطفات، والعمل على النقل المنتظم لعزم الدوران.

أنواع مجموعات التروس الفرقية وطرق عملها: يمكن عمل مجموعات التروس الفرقية من التروس المخروطية، أو الأسطوانية العدلة. ويكاد تركيب هذا النوع من المجموعات أن يقتصر على استخدام التروس المخروطية فقط (شكل ١٩٣ – ١).

فعند سير المركبة في طريق مستقيم، يدور جزءا عمود المحور بنفس السرعة، وتبقى التروس المخروطية الفرقية ساكنة (شكل ١٩٣ – ٢). وتنتقل القوة المحركة من الترس الرئيسي إلى مبيت مجموعة التروس الفرقية، ومن التروس المخروطية لهذه المجموعة – التي تعمل كعنصر وسيط – إلى أعمدة المحور.

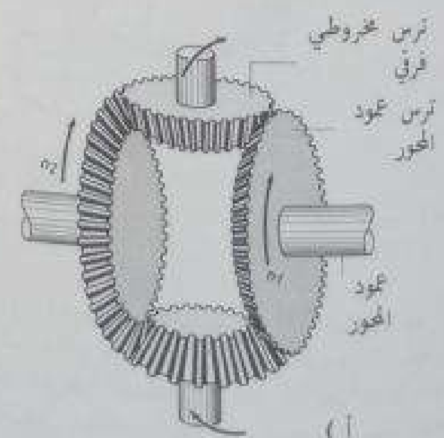


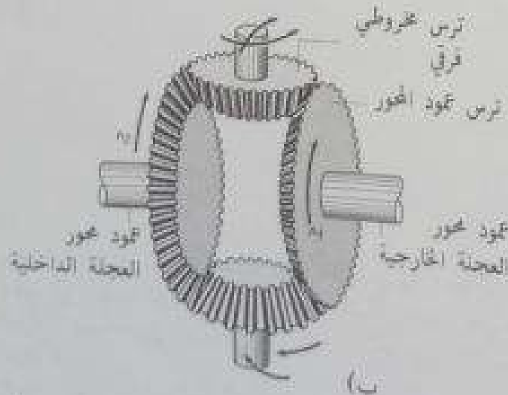


١٩٣ – ١

أ) عند سير مركبة في منعطف، تقطع العجلات الخارجية، والعجلات الداخلية مسافات متباينة في الطول. فإن كانت العجلات المديرة (القائدة) متصلة مع بعضها البعض اتصالا جسيئا، استحالت المعادلة بين سرعتيهما، وانزلقت إحدى العجلتين، مما يؤدي إلى زيادة معدل بلى الإطارات، وعدم توفر الأمان في سير المركبة، إلى جانب فقد جزء من قدرة المحرك.

ب) مجموعة التروس المخروطية الفرقية: وتتكون من ترسين مخروطيين مرتكزين في مبيت مجموعة التروس الفرقية، وترسين مخروطيين متصلين بجزئي عمود الإدارة.





١٩٣ – ٢ عند سير المركبة في اتجاه مستقيم، لا يدور الترس المخروطي الفرقي، وإنما يتحرك في محيط دائري، بنفس سرعة دوران الترسين المخروطيين المثبتين على عمودي المحور ($n_1 = n_2$).

عند السير في منعطف، يدور عمود محور العجلة الخارجية بسرعة أعلى، ويتحرك الترس المخروطي الفرقي، ويدور حول نفسه في نفس الوقت، فيتسبب في خفض سرعة دوران عمود محور العجلة الداخلية بنفس مقدار الزيادة في سرعة دوران العجلة الخارجية ($n_1 > n_2$).

وعند السير في المنعطفات، تتباين سرعات دوران جزئي عمود المحور. وتدور التروس المخروطية الفرقية مع مبيتها، كما أنها تدور أيضا حول نفسها، وقد تدور أعمدة المحور بسرعات مختلفة نتيجة لوجود مجموعة التروس الفرقية (شكل ١٩٣ - ٢ ب).

عيب مجموعة التروس الفرقية: طالما كانت الظروف الاحتكاكية متساوية عند كلا العجلتين، فإن توزيع عزم الدوران بينهما يكون متساويا، أما في الطرق المغطاة بالجليد الزلق أو الطرق الزلقة، أو المغطاة بالحصى، فتدور إحدى العجلتين، بينما تبقى الأخرى ساكنة، ومن ثم لا تتولد قوة تدفع بالمركبة إلى الأمام. ويمكن معالجة ذلك باستخدام عائق فرقي.

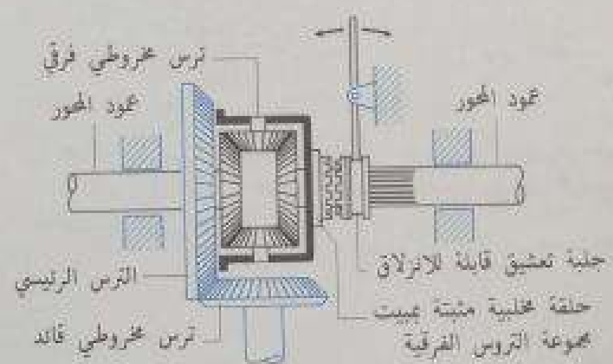
العائق الفرقي: يمكن التوصل إلى إعاقة معادلة فرق السرعتين بإجراءات مختلفة، يفرق بينها كما يلي:

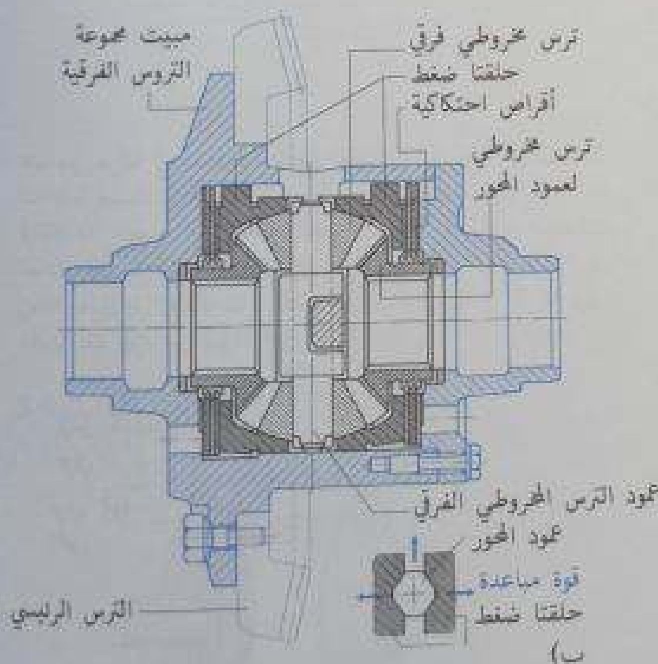
- عوائق قابلة للتعشيق،
- عوائق ذاتية الأداء،
- فرامل فرقية.

العوائق القابلة للتعشيق (شكل ١٩٤ - ١ أ)، وغالبا ما يتم تركيبها في المركبات العاملة على الطرق غير المعبدة، حيث أنها تعطيها أمانا عاليا عند السير، وقوة جر أكبر. ويجرى وصل أحد جزئي المحور الخلفي بمبيت مجموعة التروس الفرقيةمباشرة بواسطة جلبة تعشيق تشغل يدويا، فيتم إعاقة معادلة فرق السرعتين، حيث أن هذا العمود لم يعد يستطيع الدوران بالنسبة للمبيت، فلا تستطيع التروس الفرقية أن تدور حول محورها. ولهذا النوع عيب يكمن في أن نسيان فصل العائق، يؤدي إلى الإضرار بمجموعة التروس الفرقية. وتركب العوائق الفرقية ذاتية الأداء (شكل ١٩٤ - ١ ب) في السيارات الرياضية السريعة، حيث يؤدي كل من عزم الدوران الكبير والوزن المنخفض إلى اختلال انتظام الإدارة المنشود، وذلك بسبب التأثير الفرقي، بمجرد انحراف مركز الثقل عند السير في المنعطفات، مع تباين الظروف الاحتكاكية للعجلات. وتستطيع مجموعة التروس الفرقية ذاتية الإعاقة، أن تؤثر تأثيرا بالغا على سلوك المركبة عند السير في المنعطفات، فعندما تعاق عملية معادلة فرق السرعتين، ينقص تأثير عجلة القيادة على توجيه المركبة. وفي لحظة فصل العائق الفرقي، يزداد هذا التأثير. ويمكن تكرر حدوث هذا التأرجح، بين الفصل والإعاقة في عائق فرقي ذاتي الأداء، عند السير في منعطف.

وتصمم الفرامل الفرقية (شكل ١٩٥ - ١) بحيث يتغير الفعل الفرقي تبعا لضبط الفرملة. ولا يتوقف تأثير الإعاقة على مقدار عزم الدوران المنقول، بل يبدأ بمجرد إسراع إحدى العجلات عن الأخرى. فعند السير في منعطف، تستطيع العجلات أن تدور بسرعات مختلفة، فلا يظهر تأثير الإعاقة بصورة مفاجئة كما لا يختفي فجأة.

الصيانة والإصلاح: تتولد ضغوط كبيرة على جوانب تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية)، ولا سيما تلك ذوات الأسنان الهيبويدية، فإذا ما أريد الحصول على دوران هادئ (دون ضوضاء) وعمر طويل، وجب استخدام زيت تزليق خاص يعرف بزيت هيبويد (Hypoid)، وهو زيت لزج القوام، ومن ثم يُفضل تغييره بمجرد العودة من قيادة لمسافة طويلة، على أن يكون الزيت لازال ساخنا سهل الانسياب. وتتعرض تروس المجموعة الفرقية لبلى يسير. فإذا استبدل زوج تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية)، وجب أيضا فحص



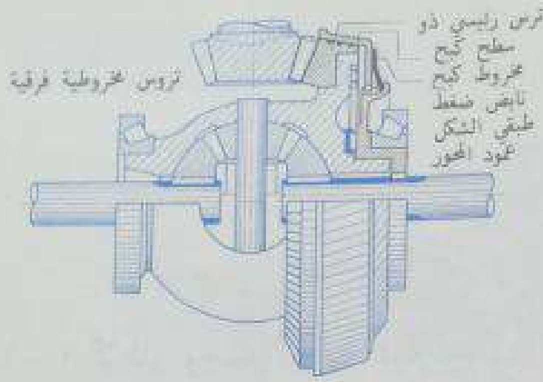


١٩٤ - ١

أ) عائق فرقي قابل للتعشيق، تقوم قارنة مخلبية بوصل أحد عمودي المحور مع مبيت مجموعة التروس الفرقية، فتمتنع التروس المخروطية الفرقية عن الدوران. ويضطر عمود المحور الآخر إلى اتخاذ نفس سرعة الدوران.

ب) مجموعة تروس فرقية ذاتية الإعاقة بالأقراص الاحتكاكية: لا ينتقل عزم الدوران إلى التروس المخروطية الفرقية مباشرة كالمعتاد، بل ينتقل من مبيت مجموعة التروس الفرقية أولا إلى حلقتي ضغط قابلتين للإزاحة جانبيا، ثم ينتقل منهما جزء إلى التروس الفرقية، والجزء الآخر إلى عمودي المحور، عن طريق أقراص احتكاكية.

وعندما تدور إحدى العجلات بسرعة أكبر نتيجة لسوء الالتصاق بالأرض عند جانب واحد، فإن التروس المخروطية الفرقية - المركبة على أعمدة بأطرافها مسطحات مائلة - تؤثر بقوة مباعدة بين حلقتي الضغط. بذلك تكبح هذه العجلة بواسطة الضغط على الأقراص الاحتكاكية الخاصة بها، فينقص عزم الدوران المنقول إليها. ويفيد هذا الفعل العجلة الأخرى الأبطأ. وتنقص بذلك إمكانية انزلاق إحدى العجلتين عند بدء الحركة أو عند السير على أرض وعرة، إلى أضيق الحدود، مما يسهم في زيادة أمان قيادة المركبات ذوات القدرات العالية.



١٩٥ - ١ فرملة فرقية. تتكون هذه الفرملة من مخروط الفرملة والترس الرئيسي ذي سطح الفرملة، ويثبت مخروط الفرملة في أحد عمودي المحور، ويضغط بواسطة نابض طبقي الشكل على سطح الفرملة للترس الرئيسي. فعند السير في اتجاه مستقيم، يدور كل من أعمدة المحور والترس الرئيسي بنفس سرعة الدوران ولا تحدث أي فرملة. وعند السير في منعطف، تنشأ حركة نسبية بين مخروط الفرملة - المثبت في عمود المحور - وبين الترس الرئيسي، فتتم فرملة العمود بواسطة قوة النابض طبقي الشكل. وينشأ نتيجة لذلك تأثير إعاقة ذاتية.

التروس في مجموعة التروس الفرقية، إذ قد تكون هذه التروس قد تلفت بفعل الجسيمات الناتجة عن البلى، أو أجزاء أخرى قد انفصلت عن أسنان تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية). ويجب تنظيف كل الأجزاء جيداً، واستبدال الأجزاء المتآكلة والتالفة من مجموعة التروس الفرقية مثل أقراص الارتكاز والحامل والتروس.

الملخص

- يقوم العمود المفصلي بنقل عزم الدوران من صندوق التروس إلى مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية).
- يتكون العمود المفصلي من ماسورة من الفولاذ المصلد والمطبع وقطعة من عمود مخدد، وقطعة منزلقة ومفصلين.
- لا تحتاج الوصلات المفصلية الجافة إلى صيانة، كما أنها رخيصة الثمن وتعمل على تخميد الصدمات.
- تقوم الوصلات المفصلية العامة بنقل عزوم دوران عالية وتسمح بكبر زوايا نقل الحركة.
- يتم تحويل اتجاه الحركة المنقولة من الاتجاه الطولي إلى الاتجاه المستعرض في مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية) وبالتالي تخفض سرعة الدوران.
- تحتوي التروس المخروطية لإدارة المحور على أسنان حلزونية أو هيبويدية.
- يتساوى عرض رؤوس الأسنان من الداخل إلى الخارج في تسنين كلينجلنبرج، أما في تسنين جليسون فيزيد عرض الرؤوس على الجانب الخارجي عنه على الجانب الداخلي.
- بالاستعانة باختبار انطباع التلامس، يمكن ضبط وضع الترس المخروطي القائد بالنسبة للترس الرئيسي.
- تقوم مجموعة التروس الفرقية بمعادلة فروق سرعات دوران العجلات الداخلية والخارجية عند السير في المنعطفات.
- لا تدور التروس المخروطية الفرقية، عند سير المركبة في اتجاه مستقيم.
- لا يجوز استبدال أيا من الترس المخروطي القائد والترس الرئيسي إلا مع بعضهما (أي كمجموعة واحدة).
- يقوم العائق الفرقي بمقاومة انزلاق إحدى العجلتين في حالة ضعف التصاقها بالأرض، كما هو الحال فوق الجليد مثلاً أو على أرض زلقة.

أسئلة:

١ - ما هي وظائف العمود المفصلي؟
٢ - ما هي أنواع الوصلات التي تركب في الأعمدة المفصلية؟
٣ - أذكر الاحتمالات المختلفة التي قد تؤدي إلى اضطراب دوران العمود المفصلي.
٤ - كيف يمكن معادلة التغيرات الطولية في العمود المفصلي؟
٥ - ما هي وظائف مجموعة تروس إدارة المحور؟
٦ - أرسم انطباعة تلامس صحيحة وأخرى خاطئة في مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية).
٧ - صف عملية ضبط انطباعة التلامس.
٨ - كيف يمكن تعيين الخلوص الجانبي؟
٩ - أذكر أسباب استخدام مجموعة التروس الفرقية.
١٠ - ما هي عيوب مجموعات التروس الفرقية؟
١١ - صف طريقة عمل العائق الفرقي ذاتي الأداء.

٦ – الهيكل المعدني (Chassis)

٦ – ١ الإطار وجسم المركبة (التركيبات العلوية) (Frame and Car Body)

لا تتوقف صلاحية استعمال المركبة على وجود محرك سليم وهيكل معدني جيد فقط، بل تعتمد أيضا على أداء التركيبات العلوية الموجودة منها – والاطار لوظائفها بشكل جيد.

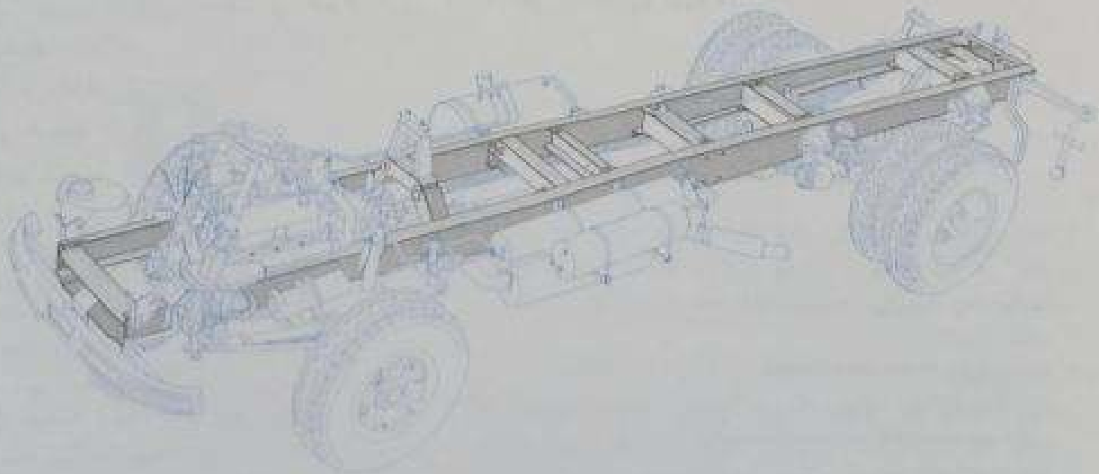
ومنذ اختراع المركبات الأولى التي كانت على هيئة عربات بدون حصان – وحتى تصميم سيارات الركوب الحديثة – طرأ تغير كبير في المركبات الآلية لم يقتصر على تغيير مظهرها الخارجي فحسب، وإنما تعداه إلى استخدام مواد صنع جديدة وإلى اتباع أساليب حديثة في الإنتاج، حيث تنتج حاليا تصميات متنوعة ومتعددة لنفس الطراز من السيارات. وتختلف سيارات ركوب الأشخاص عن سيارات الخدمات العامة (الحافلات والشاحنات وغيرها) في نوع وطريقة تكوينها، ويزداد هذا الاختلاف مع مرور الزمن.

٦ – ١ – ١ سيارات الخدمات العامة

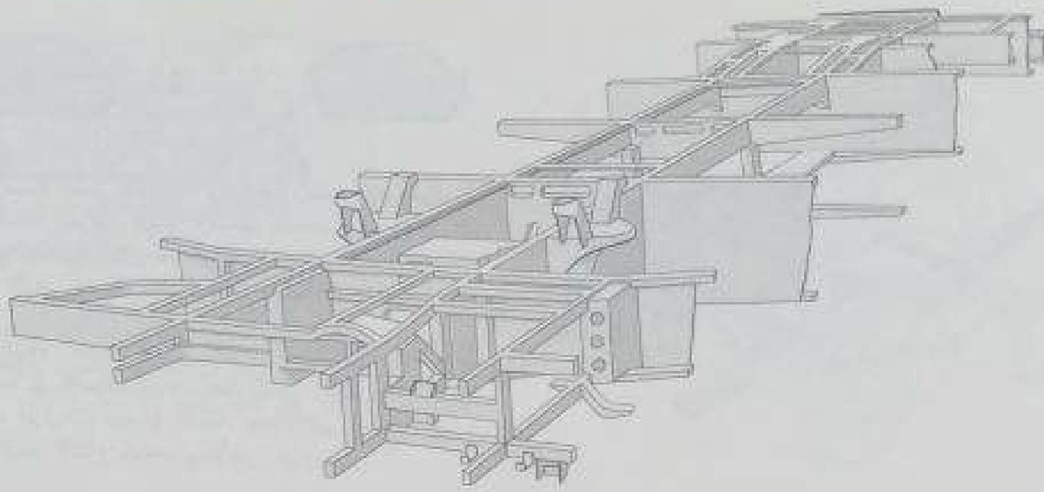
الإطار: لا يزال الإطار يعتبر الجزء الأساسي الحامل لهيكل السيارة المعدني وللتركيبات العلوية، في مجال تركيب سيارات الخدمات العامة، وعلى الأخص الشاحنات والمقطورات. وأكثر أنواع القضبان شيوعا هو القضيب (البكر) الطولي المستقيم، غير المعقوف، ذو المقطع على شكل حرف U. وبواسطة سلسلة من الروافد المستعرضة (العوارض) المبرشمة أو الملحومة بهذا القضيب الطولي، ينتج تصميم على شكل سلم. ويكون هذا التصميم متينا ومرنا في نفس الوقت عند الالتواء. وتركب عليه مختلف التوصيلات، مثل تلك التي للنوابض والمحرك وجهاز التوجيه وغير ذلك (شكل ١٩٦ – ١).

وقد أثبتت الإطارات الأنبوبية المركزية والإطارات الصندوقية المركزية – وهي إطارات تصنع من قضبان ذات مقطع مستدير (أنابيب) أو إهليلجي أو مستطيل – جدارتها كذلك، في سيارات الخدمات العامة الخفيفة. ويلحم الإطار مع الألواح المعدنية لأرضية المركبة، أي الجسم السفلي الحامل. ولا تزال الأرضية تشكل العمود الفقري لجسم المركبة الكلي حتى يومنا هذا.

لقد اعتبرت الحافلات لفترة طويلة كشاحنات مجهزة لتفي بأغراض استعمال خاصة. بيد أنها تشكل اليوم نوعا من المركبات قائما بذاته من حيث شكل هيكلها المعدني وإطارها. وتسمح الأرضيات ذاتية التحميل (الدعم) بتركيب أنواع مختلفة من التركيبات العلوية فوقها (مثل سيارات المدينة أو سيارات السفر للضواحي)، مع استخدام كل من محركات وهياكل معدنية من نفس النوع. ويتكون إنشاء متكامل من الأرضية والتركيبات العلوية الملحومة هو جسم المركبة (شكل ١٩٧ – ١).



١٩٦ – ١ لا يزال الإطار «الكلاسيكي» (التقليدي) لشاحنة يحتوي على العديد من الملحقات وتجهيزات التثبيت.

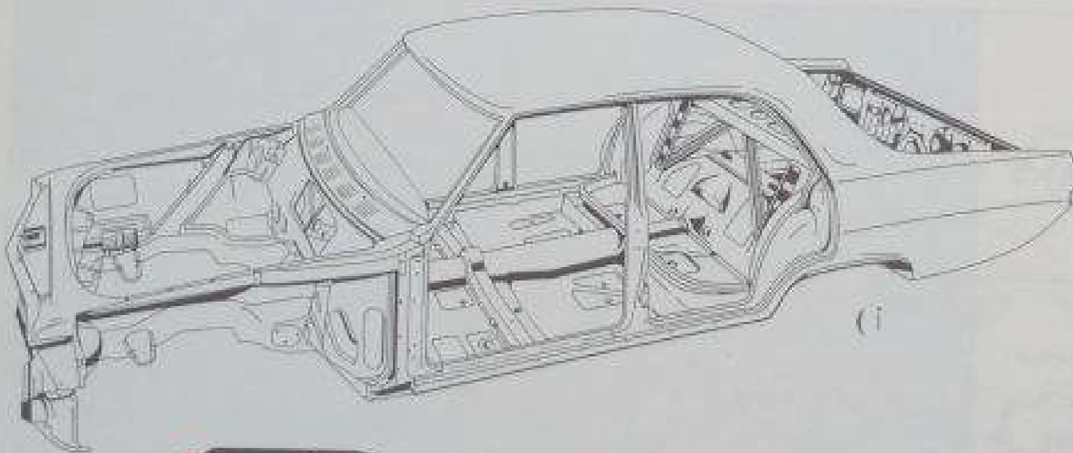


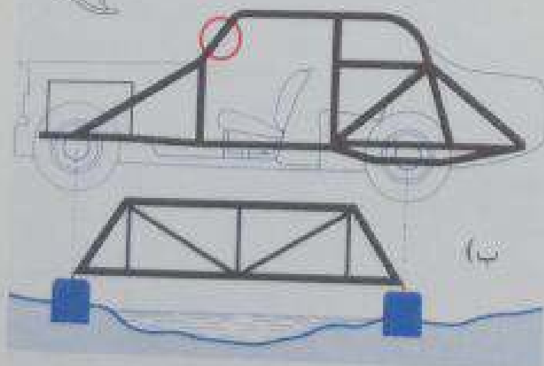
١٩٧ - ١ تركيب أرضية (الجسم السفلي) حافلة. يوجد في الأرضية ألواح معدنية (صفائح) مثبتة على الإطار، تشترك معه في حمل القوى المؤثرة، كما تشكل في نفس الوقت جدران الحيز الإضافي للحقائب. ويركب على هذه الأرضية كل من المحرك والمحاور وأذرع التوجيه إلى جانب توصيلات التدفئة وأجزاء النقل وغيرها. وتشكل هذه كلها مجتمعة مع التركيبات العلوية الملحومة، وحدة متكاملة ذاتية الحمل (الدعم) هي جسم المركبة.

التركيبات (الإنشاءات) العلوية: يمكن تقسيم الشاحنات المتوسطة والثقيلة تبعا لأسس مختلفة كما يلي:

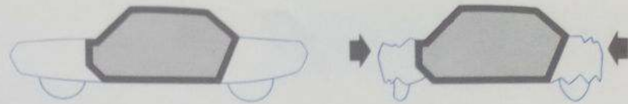
- تبعا لترتيب وضع المحرك وطول غطائه: شاحنات ذوات أغطية محركات قصيرة أو طويلة وكذلك شاحنات ذات ذراع توجيه أمامي.
- تبعا لشكل مساحة الشحن: شاحنات ذوات تركيب علوي صندوقي وشاحنات ذوات تركيب علوي معزول حراريا وشاحنات ذوات منصة (أرضية مسطحة) تكون أحيانا على شكل قلابة.
- تبعا لوضع مساحة الشحن: شاحنات ذوات تصميم معتاد وشاحنات بمقطورة ذات محلتين.

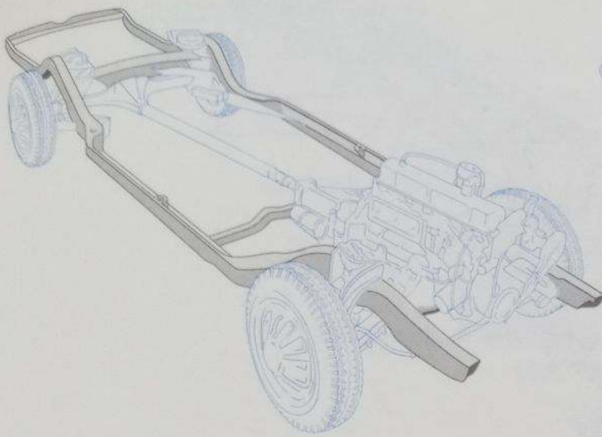
ويوجد إلى جانب ذلك العديد من التركيبات العلوية الخاصة كتلك المستخدمة في سيارات نقل النفايات وسيارات إطفاء الحرائق وسيارات الخدمات الفنية. كما تنتج سيارات خدمات عامة صغيرة كسيارات نقل أو سيارات توصيل المهمات أو حافلات صغيرة.





١٩٧ - ٢ جسم سيارة ركوب ذاتي الدعم (الحمل).
أ) تحل كل لوحة معدنية - تكون مشكلة غالبا بوسيلة ما - محل جزء من الإطار القديم الذي كان يستعمل سابقا. ويذكر النفق الطولي الموجود بأرضية حيز الركاب، بالإطارات المركزية القديمة، التي كانت تصنع من مواسير.
ب) يمكن مقارنة تصميم جسم المركبة بتصميم جسر: ويتضح أضعف موضع في الإنشاء (الدائرة الحمراء) من هذه المقارنة. وغالبا ما يبدأ الكسر في هذا الموضع، عندما تنقلب المركبة عقب وقوع حادثة تصادم.





١٩٨ - ١ جسم سيارة مصمم لضمان سلامة الركاب عند وقوع الحوادث. وتظهر فيه المنطقة المعرضة للتهشم (منطقة التحطيم). ومن ثم فإن الجزئين الأمامي والخلفي قابلان للتشكّل بحيث يمكنهما استيعاب الطاقة الحركية بأكملها تقريبا عند تلقي الصدمة، وتحويلها إلى طاقة تشكيل.

١٩٨ - ٢ إطار موحّد تنتجه أحدى مجموعات الشركات. وتستخدم الشركات الداخلة في المجموعة الواحدة هذا الإطار المحيطي الذي يسمح بتركيب أجسام (تركيبات علوية) مختلفة. ومع التغيير السريع للطراز، يمكن خفض تكاليف الإنتاج باستخدام الإطار الموحد.

٦ - ١ - ٢ جسم سيارة الركوب

تم تطبيق التطور الذي سبق ذكره في تصميم سيارات الخدمات العامة - منذ زمن طويل - في سيارات الركوب. أما اليوم فلا نجد الإطار كجزء حامل وقائم بذاته في سيارات الركوب. فقد أصبح كل جزء إنشائي وكل مقطع من المقاطع الجانبية، وحتى تشكيل المظهر الخارجي تشارك جميعها في عملية التحمل (الدعم). وقد أدى تصميم جسم السيارة بهذا الشكل إلى تخفيف الوزن الذاتي (شكل ١٩٧ - ٢ أ و ب).

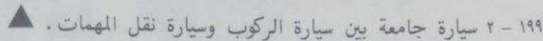
إن تطوير صناعة جسم كامل من الفولاذ لا يزال مستمرا بالرغم من انقضاء ثلاثين عاما على بدئه. ويشكّل الجزء المتوسط من الجسم - وهو الجزء المحيط بحيز الركاب - بحيث يكون جاسئا، حفظا على سلامة الركاب عند وقوع الحوادث (شكل ١٩٨ - ١). وأصبح إنتاج الجسم ذاتي الدعم (الحمل) غالي الثمن في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث يجري تغيير الطراز كل سنة أو كل سنتين، لذا أعيد استخدام الإطار النمطي على أمل إمكان الاحتفاظ به كما هو تقريبا واستعماله لعدد أكثر من السنين ولعدد أكبر من طرازات السيارات (شكل ١٩٨ - ٢).

وتستخدم إطارات ذات شبكات من المواسير في السيارات الرياضية التي تنتج بأعداد قليلة. ويمكن للجسم المحدِّد للمظهر الخارجي أن ينتج عندئذ من المعادن الخفيفة أو من البلاستيك (شكل ١٩٩ - ١).

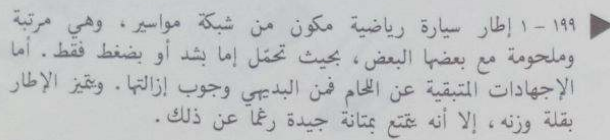
أنواع التركيبات العلوية لسيارات الركوب

تعطي المواصفة القياسية DIN 70011 فكرة عن بعض أنواع التركيبات العلوية لسيارات الركوب المعروفة حاليا، وهي كما يلي:

السيارات الرياضية سيارات ركوب مكشوفة وبها مقعدان أو ثلاثة مقاعد أمامية متجاورة (ومقعد خلفي عند الضرورة) بدون أبواب أو بباب واحد أو بابين. ذات أجزاء جانبية حرة (يمكن إيلاجها أو تزريرها) أو نوافذ تفتح مرفقيا. غطاء مقصّي (قابل للإزاحة إلى الخلف أو الإيلاج) أو غطاء قابل للطي (قابل للإزاحة إلى الخلف أو قابل للخلع).	
كابريوليه سيارة ركوب مكشوفة أو مغطاة. بها مقعدان أو أكثر (ومقعد خلفي عند الضرورة). وبها بابان أو أربعة أبواب ونافذتان أو أربع نوافذ جانبية بهياكل كاملة وقابلة للإنزال (يشترط أن تكون النوافذ القابلة للدوران في الأبواب الأمامية وأن تكون قابلة أيضا للإنزال) غطاء قابل للطي (قابل للإزاحة إلى الخلف أو إلى أسفل) مع توفير منع التسرب عند أعلى النافذة وعند جانبيها.	
كوبيه سيارة ركوب مغلقة وبها مقعدان أو ثلاثة مقاعد أمامية متجاورة (ومقعد خلفي عند الضرورة). ذات باب واحد أو بابين ونافذتين جانبيتان أو أربع نوافذ جانبية.	
ليموزين سيارة ركوب مغلقة بها أربعة مقاعد أو أكثر وبابين أو أربعة أبواب وأربع نوافذ جانبية أو أكثر ذات هياكل ثابتة وقوائم وسطية بين النوافذ الجانبية.	



١٩٩ - ٢ سيارة جامعة بين سيارة الركوب وسيارة نقل المهمات.



١٩٩ - ١ إطار سيارة رياضية مكون من شبكة مواسير، وهي مرتبة وملحومة مع بعضها البعض، بحيث تحمّل إما بشد أو بضغط فقط. أما الإجهادات المتبقية عن الخام فمن البديهي وجوب إزالتها. ويتميز الإطار بقلة وزنه، إلا أنه يتمتع بمتانة جيدة رغمًا عن ذلك.

وفي هذه المواصفات لم يأت بيان السيارة الجامعة شائعة الاستعمال (وتجمع بين سيارة الركوب وسيارة نقل المهمات). ولهذه السيارة - التي تستعمل أيضا كسيارة نقل - جسم من النوع المغلق وبها مقعدان أو ثلاثة مقاعد أمامية، كما أن بها مقاعد خلفية يمكن مدها لتتسع للمزيد من الركاب. كما أن لها عدد من الأبواب يختلف من ثلاثة إلى خمسة أبواب.

التركيبات العلوية لسيارة ركوب الأشخاص: يتكون جسم سيارة الركوب العصرية من الأجزاء الآتية:

- حيز الركاب - وهو مكان جلوس كل من السائق والركاب، كما يحوي أجهزة التشغيل والتحكم.
- حيز الحقائب - وتوضع فيه الحقائب، كما يضم في أغلب الأحيان عجلة احتياطية وطاقم عدة.
- حيز المحرك - وهو حيز حماية المحرك والأجهزة المساعدة (مضخم الفرملة وغيرها).
- مبيت العجلات - غلاف واق مع واقي الرذاذ الناشيء عن عجلات السير.

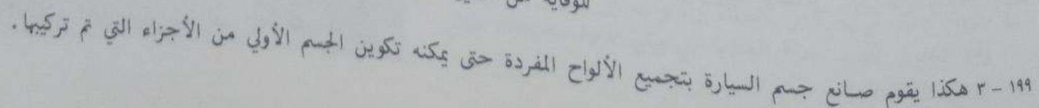
وعند تفكيك جسم السيارة، يمكن التمييز بين عناصر التركيب التالية:

- الهيكل والغلاف الخارجي والوصلات المعدنية والكسوة الداخلية والتنجيد والتجهيز.

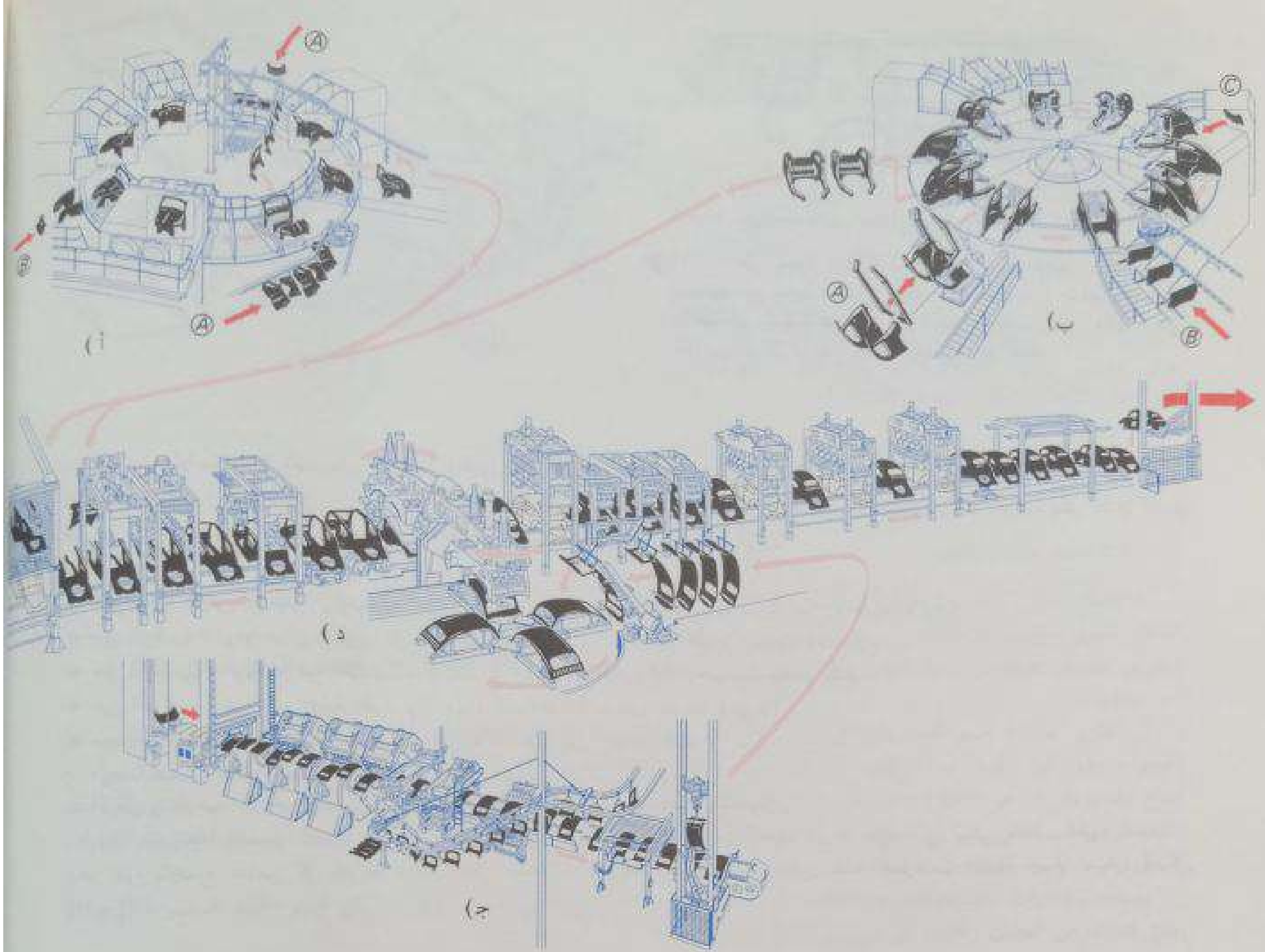
ولا يعتبر هذا التقسيم كاملا. فصانع جسم السيارة يعرف تسميات مختلفة للعديد من الأجزاء التي تسمى حسب الجهة المنتجة، وهو يقوم بتجميع عناصر كل مجموعة تركيب على حدة تبعا لطريقة العمل، بحيث تكوّن هذه المجموعات مجتمعة جسم السيارة (شكل ١٩٩ - ٣).

إنتاج الجسم الأولي (غير تام الصنع)

لا تحتاج صناعة مركبات التجارب، والمركبات ذات التصميم المنفرد - التي تسبق مرحلة الإنتاج الكمي - إلى استخدام مكابس كبيرة وثقيلة، إذ يتم إنتاج العديد من الأجزاء الإنشائية بالطرق اليدوية وباستخدام التجهيزات والمكنات البسيطة.



١٩٩ - ٣ هكذا يقوم صانع جسم السيارة بتجميع الألواح المفردة حتى يمكنه تكوين الجسم الأولي من الأجزاء التي تم تركيبها.



٢٠٠ – ١ أ إلى د التجميع الآلي لجسم أولي لسيارة ركوب.

أ) إنتاج مقدمة السيارة: تشتمل وحدة الإنتاج الدائرة على أربعة مكابس لحام هيدرولية. ويتم تجميع حوالي 200 مقدمة سيارة في ساعة واحدة.

ب) وحدة لحام دائرية لمؤخرة السيارة. ويجب مواءمة سرعة العمل في هذه الوحدة مع سرعة العمل في وحدة تجميع مقدمة السيارة.

ج) خط نقل صغير لصنع السقف. ففي البداية تقوم مكابس السحب العميق بتشكيل الغلاف العلوي (سقف السيارة). وتتبع ذلك عمليات التجويف (التفريغ) والحام. وفي النهاية يقوم جهاز ناقل بنقل السقف إلى ساحة التشغيل، التي هي أهم قسم في مصنع التجميع.

د) خط نقل كبير. يجرى لحام مقدمة السيارة ومؤخرتها مع بعضهما في القسم الأول. ويلزم لذلك مركزة هذه الأجزاء مع بعضها باستخدام إطار ضابط. بعد ذلك يمسك ذراع آلي بسقف السيارة ويرفعه من المائدة المستديرة ويلف به بزاوية مقدارها °180 ويضغطه على الجسم الذي انتهى إنتاجه جزئيا. ويلي ذلك مزيد من عمليات الحام.

وتتوقف الإنتاج اليدوي عند الحد الذي يبدأ عنده الإنتاج الكمي، حيث يجري تشكيل الأجزاء الصغيرة والكبيرة كالسقف مثلا في عملية تشغيل واحدة باستخدام مكابس ضخمة. وينتج الجسم الأولي غير المدهون، أي غير تام الصنع عن تجميع هذه الأجزاء، بواسطة المعدات الميكانيكية. وقد أصبحت اليوم عملية ميكنة التجميع الأولي ضرورية للإنتاج الكمي، لا سيما وأنه يتم صنع عدة آلاف من أجسام السيارات يوميا (شكل ٢٠٠ – ١).

طلاء جسم السيارة:

وظيفة الطلاء والصفات التي يجب توافرها في مادة الطلاء؛ يجب أن يكون سطح المركبة كله – المصنوع من ألواح الفولاذ، والذي تبلغ مساحته من 10 m² إلى 30 m² – قابلا لاستيعاب مادة الطلاء. كما يجب حماية هذا السطح من التلف أو التشويه. فهناك عوامل عديدة تؤثر على الجسم وتؤدي إلى تلفه، منها المطر والثلج وأشعة الشمس والأوساخ والوقود والزيت وسائل الفرامل والملح وسفع الحجارة على سبيل المثال.

يجب أن تتمتع طبقة الطلاء الخارجية بالخواص الآتية؛

- لا تذوب في الماء
- صلدة ومقاومة للحك
- سريعة الجفاف
- جيدة الالتصاق
- قابلة للانسياب بدون تكوين قطرات
- جيدة التغطية
- ثابتة اللون (لا تبهت نتيجة لتأثير الضوء)
- مرنة
- مقاومة للتأثيرات الجوية (الطقس)
- تحتاج إلى صيانة قليلة
- لا تتفاعل كيميائيا، ومقاومة للتأثيرات الكيميائية

أنواع الطلاء (اللك)

لم تعد تستعمل في مجال صناعة المركبات سوى منتجات الطلاء الاصطناعية ومن الأنواع المستخدمة:

- الطلاء الأزوتي (النتروجين)؛ ويجف بتبخير وسيط الربط.

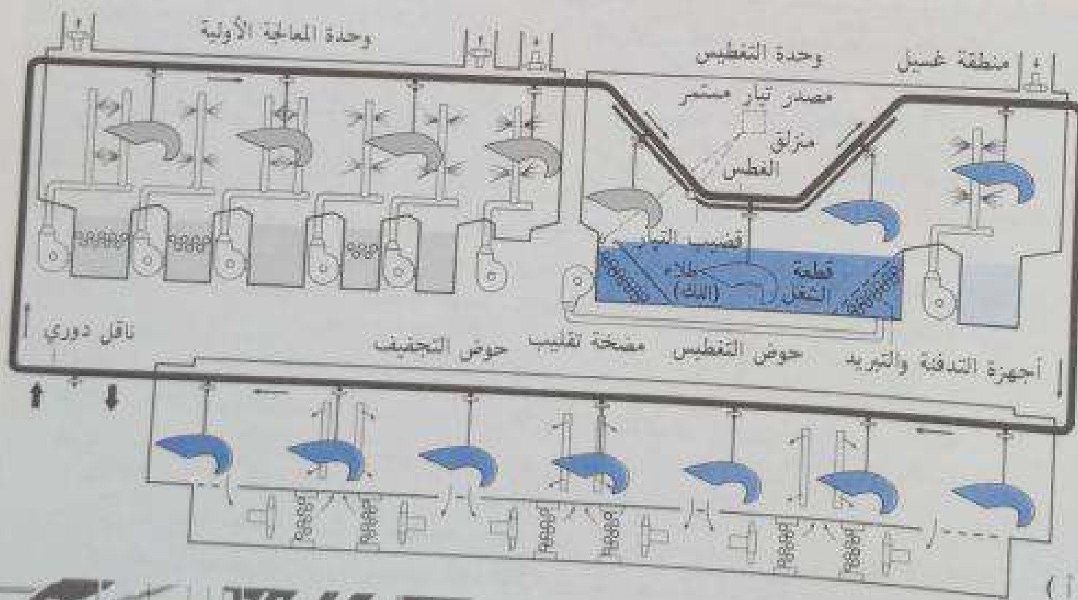
كان هذا النوع من الطلاء شائع الاستعمال فيما مضى، أما اليوم فلا يحظى إلا باهتمام ضئيل. وقد قل استخدام هذه الطريقة للطلاء نتيجة حاجتها المتكررة للعناية والتلميع بعد انجاز الطلاء، وغير ذلك من العيوب.

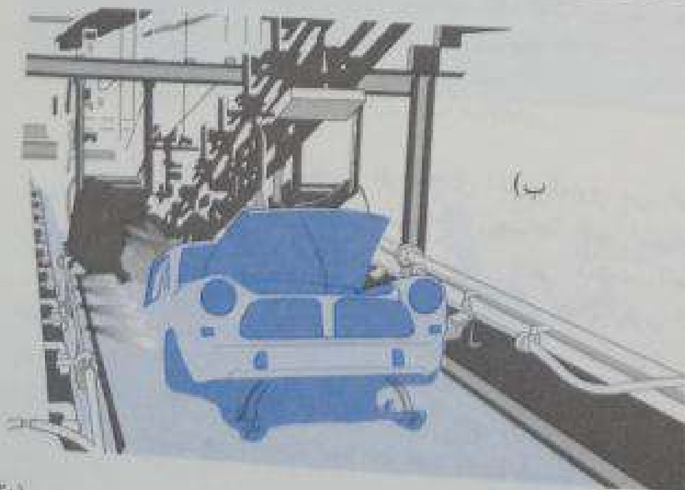
- طلاء الراتنج الاصطناعي القابل للتجفيف في الهواء أو في الفرن.

ويعزى النجاح الواسع لإدخال هذا النوع من الطلاء إلى خاصيتين رئيسيتين هما قدرته على المقاومة وسرعة بريقه. ويمكن استخدام كل من طلاء راتنج الميلامين وراتنج الفورمالدهايد وراتنج الفينول أو ما يشابهها من الألوان كطلاء تأسيس (طلية الأساس). أما طبقة الطلاء الخارجية (الطبقة الأخيرة)، فيغلب أن تتكون من مركب من راتنج الميلامين والألكايد. وتوجد منها مركبات متعددة. ويجدر بنا أن نذكر بصفة خاصة أنواع الطلاء ذات عنصري التكوين، حيث يضاف العنصر الثاني - وهو المجفف أو المصلد - إلى الطلاء قبل استعماله بقليل، ثم تحدث تفاعلات كيميائية عقب إضافته ببضع ساعات، مما يؤدي إلى تحول الطلاء إلى هلام (Jelly) ومن ثم إلى تصلبه.

ويدخل طلاء البوليستر ضمن أنواع الطلاء ذات التفاعل أيضا. ويتميز بسطح صلد ولون بهيج.

طلاء فوربس: وهو طلاء قابل للإذابة في الماء، صالح للتجفيف في الفرن بعد رشه. وتعمل عدة صفات تميز بها هذا الطلاء على الوصول إلى أفضل نتيجة ممكنة حتى الآن. وتتلخص هذه الصفات في كثرة عدد المسام المتكونة وصغر حجمها، ثم عدم تكون قطرات، إلى جانب انتظام سمك طبقة الطلاء المنجزة بطريقة الاستشراد (قارن بالشروح اللاحقة).

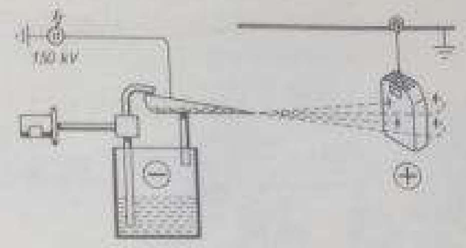




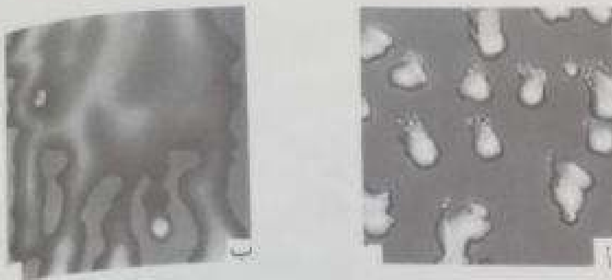
٢٠١ - ١ أ و ب) عملية الطلاء بالاستشراد الكهربائي.

أ) يتكون الجهاز من وحدة المعالجة الأولية (التحضيرية) ووحدة التغطيس ومصدر التيار المستمر ومنطقة الغسيل ومجفف وناقل دوري. وتنغمر قطعة الشغل أو الجسم بأكمله - عند منزلق الغطس - في حوض التغطيس المحتوي على مادة الطلاء. وتتولى مضخات دوارة تقليب الطلاء، بينما تقوم أجهزة التدفئة والتبريد بتوفير أنسب درجة حرارة للتشغيل وهي 30°C. وتعمل قطعة الشغل المطلوب طلاؤها كمصعد (أنود)، طالما كانت ملامسة لقضيب التيار، أما المهبط (الكاثود) فيكون وعاء التغطيس نفسه، ويبلغ الجهد بينهما من 50 Volt إلى 150 Volt.

ب) خروج جسم مركبة كامل بالغطاء والأبواب من حوض التغطيس، وقد استغرق تكوين طبقة الطلاء التي يبلغ سمكها 0,025 mm حوالي من 50 إلى 60 ثانية.



٢٠٢ - ١ رسم تخطيطي لجهاز مرذذ كهربائي إستاتي، يوجه اللون بجزيئات دقيقة صوب قطعة الشغل تحت تأثير جهد تيار مستمر حده الأقصى 150 kV بين حواف المرذذ وقطعة الشغل.
وتتبع قطيرات اللون خطوط القوة الكهربائية، فتقوم كذلك بتلوين الجانب الخلفي لقطعة الشغل.



٢٠٢ - ٢ ماء مطر أو ماء غسيل على طبقة الطلاء:
أ) يدل الانحسار الجيد لقطرات الماء، على وجود طبقة واقية كافية.
ب) يدل عدم انحسار الماء بقدر جيد على حاجة الطلاء إلى عناية.

عملية الطلاء (الطلاء باللك): يتم طلاء المركبات بعدد من طبقات الطلاء قد تصل إلى أربع طبقات، تبعا لسعر المركبة. وحيث أن عملية الطلاء هذه تحتاج إلى حوالي من 22 kg إلى 25 kg من مادة الطلاء، فإن سمك الطبقة الواحدة يتراوح بعد التجفيف بين حوالي 0,13 mm و 0,15 mm. وقبل إنجاز طبقة الطلاء الأولى، تجرى عملية تعقيم (تنظيف)، إذ غالبا ما يعالج جسم المركبة بأكمله بمحلول قلوي مسخن حتى حوالي 90°C، بما في ذلك الأجزاء المثبتة باللولبة. وتجرى هذه العملية في منشأة فسفتة (حامض فوسفوريك أو محلول مائي لأملاح الزنك في حامض فوسفوري). وتنشأ بعد هذه المعالجة طبقة خشنة دقيقة المسام تُغسل بماء ساخن فبارد بالتناوب، وتعطي طلية الأساس دعما متينا.

وتتم عملية التأسيس (إنجاز طلاء الأساس) في حمام جار، حيث تغطس التركيبات العلوية في أحواض تغطيس كبيرة، ويصل الطلاء بهذه الطريقة إلى جميع المواضع. ويستعمل فرن للتجفيف في الإنتاج الضخم. ويعطي إنجاز طلية الأساس بطريقة الاستشراد (شكل ٢٠١ - ١ أ، ب) جودة أعلى. وأثناء عملية الاستشراد، تتحول جزيئات اللون الدقيقة منتشرة في السائل نتيجة لتأثير المجال الكهربائي. ويمكن استخدام طريقة الاستشراد الكهربائي في وضع طبقات الطلاء التالية أيضا. كما توجد مزائج مؤلفة من الماء الخالي من الملح بنسبة من 85% إلى 90% مع نسبة تختلف من 10% إلى 15%، من جزيئات الطلاء في أحواض تغطيس تصل سعتها إلى 100 t. وتترسب جزيئات اللون في كل مكان بدرجة منتظمة، حتى في تلك الأماكن التي يصعب الوصول إليها بالتغطيس البسيط أو بالرش. وتختم العملية بالغسيل المتكرر بالماء وبإزالة الجزء المتبقي من السائل بالنفخ ثم بالتجفيف داخل الفرن.

طلاء الطبقة المتوسطة والطبقة النهائية (الخارجية): تطلى هاتان الطبقتان باستخدام مسدس رش في الأحوال السهلة وفي أعمال الإصلاح أيضا. أما في الإنتاج الكمي فتستخدم الطريقة الكهروستاتية (شكل ٢٠٢ - ١).

عند تأثير مجال كهربائي عالي الجهد - تبلغ قيمته حوالي 100 000 Volt - لا تذرى جزيئات الطلاء تذرية دقيقة فحسب، وإنما ينخفض كذلك الفقد الناشئ عن انتشار رذاذ اللون في حيز العمل. ولما كانت قطبية جسم المركبة معاكسة لقطبية جزيئات اللون، فإن هذه الجزيئات تنجذب إلى جسم المركبة وتترسب عليه.

كذلك فإن أفضل طبقة طلاء لا تحمي جسم المركبة بصفة دائمة، إلا إذا تم الاعتناء المستمر بها. إن العناية بالطلاء - وهي اليوم من المهام الرئيسية في الصيانة - تتطلب أيضا من ميكانيكي السيارة الإلمام ببعض المعلومات الأساسية الخاصة بذلك.

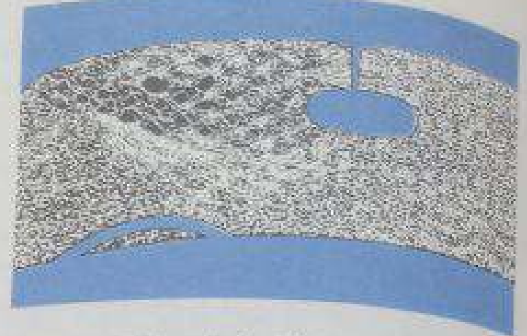
الملخص:

- تتصلد طبقة الطلاء الحديثة عادة بعد فترة. ويجب ألا تعالج إلا بماء صاف بارد وفير.
- يجب أن يتم الغسيل المسبق بسائل خال من القلويات. عند الحاجة لمزيد من العناية.
- كلما كان سائل الغسيل كاويا (أي ذو درجة قلوية عالية)، كان تأثر الطلاء قويا.
- تحتوي كل طبقة طلاء على مسام، لذا فتنحصر مهمة سائل العناية في سد هذه المسام وتكوين طبقة واقية متجانسة.
- يكون الغسيل بوسيط حاو على مادة حافظة كافيا للطلاء حديث العهد. أما الطلاء القديم، فيحتاج إلى سائل تنظيف وتلميع أكثر فاعلية.
- يمكن التعرف على وجوب ضرورة استخدام وسيط العناية من خلال نوعية انحسار قطرات ماء الغسيل أو المطر عن الطلاء (شكل ٢٠٢ - ٢).
- لكل وسيط عناية إرشادات استعمال يجب مراعاتها.

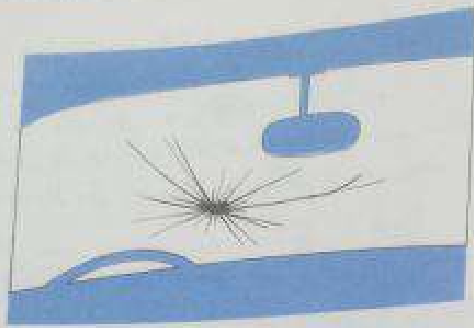
زجاج السيارة: يزداد استخدام الزجاج في الجزء العلوي من حيز الركاب، حيث يزداد الاهتمام حاليا بتكبير مدى الرؤية لقائد السيارة. وتستعمل أنواع خاصة من الزجاج في صناعة السيارات بسبب خطر الحوادث، ويعرف في هذا الصدد النوعان التاليان: زجاج أمان أحادي الطبقة (ESG) وزجاج أمان رقائقي (متعدد الطبقات) (VSG) (راجع الجدول بصفحة ٢٠٣).

ويمكن أيضا تركيب هذين النوعين معا. وفي هذه الحالة يكون اللوح الداخلي المواجه لحيز الركاب من نوع زجاج الأمان أحادي الطبقة (ESG) مسبق الإجهاد، أما اللوح الخارجي فيكون من نوع زجاج الأمان الرقائقي (VSG)، ويلصق اللوحان ببعضهما بواسطة رقيقة بينية.

ويجب أن يحوز ميكانيكي السيارات على خبرة في فك وتركيب الألواح الزجاجية، أو أن يكون قد قام بذلك ولو مرة واحدة على الأقل، حتى تكون هذه الخبرة عونا له عند الضرورة. ويتشابه المقطع المستعرض للإطار المطاطي الممسك بالزجاج في جميع السيارات



٢٠٣ ـ ١ يؤدي انكسار زجاج الأمان أحادي الطبقة (ESG) إلى إعاقة الرؤية في الظروف السيئة، وتضعف الرؤية أكثر بالنسبة للسائق نتيجة تكون قطع كبيرة في الجزء العلوي.

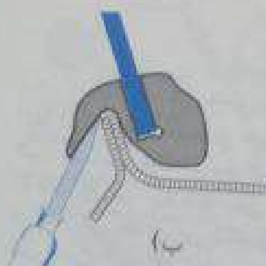


٢٠٣ ـ ٢ مثال نموذجي لشروخ على شكل نسيج العنكبوت، عند كسر لوح من زجاج الأمان الرقائقي (VSG). هنا تحدث إعاقة طفيفة للرؤية، ويكمن خطر أكبر للركاب، إذا ما دُفعوا بسبب الاصطدام خارج حيز الركوب وكانت شظايا اللوح الزجاجي ما تزال قائمة، مما يتسبب في الإصابة بجروح.

(شكل ٢٠٣ ـ ٣). ولما كان الإطار المطاطي يعلق بإطار النافذة بواسطة شفة تولج في حافة الإطار الناتئة، لذا يجب رفع هذه الشفة خطوة خطوة بمفك ذي طرف غير حاد لإخراجها، كما يجب الضغط على اللوح الزجاجي بأكمله في نفس الوقت ودفعه بقوة مناسبة إلى الخارج. هنا يجب الحذر إذ إن هذا الزجاج قصيف جداً، كما تؤدي إجهادات الثني إلى كسره بسرعة. وينفك المطاط الماسك من مكانه بسرعة، وبعد أن يتم خلع القسم الأكبر من اللوح الزجاجي يسحب لإخراجه بالكامل. أما عملية التركيب فهي أكثر صعوبة لا سيما بالنسبة للوح الزجاج الأمامي البانورامي (حجاب الريح)، فتبلل حافة المطاط المسك – الذي سيولج في الحافة الناتئة لإطار النافذة – بمحلول صابون أولاً. بعد ذلك يلبس الإطار المطاطي على اللوح الزجاجي، ويوضع خيط متين يوجه بشكل حلقي، ويثبت طرفاه بشريط لاصق في شقب (مجرى) الإمساك بدءاً من منتصف الحافة السفلى. وينقل اللوح السابق إعداده إلى موضع التركيب في السيارة. ويفضل اشتراك شخصين في (التركيب) ويقوم أحدهما بضغط اللوح بقوة معتدلة من الخارج على الحافة الناتئة حيث يسبق ذلك إيلاج الشفة المطاطية بينما يكون الشخص الثاني داخل المركبة ويقوم بسحب طرف الخيط من الشقب (المجرى). وبما أن السحب يجري فوق الحافة الناتئة، لذا تولج الشفة المطاطية فيها. وتتحسن مهارة الشخص بالتدرب على هذه العملية.

	زجاج أمان أحادي الطبقة (ESG)	زجاج أمان رقائقي (VSG)
التعرف على نوع الزجاج من شكل الكسر	يعطي عند الكسر عدداً لا يحصى من الشظايا المفتتة (شكل ٢٠٣ ـ ١). وعند انكسار اللوح الأمامي (حجاب الريح) يتفتت اللوح عند مجال رؤية السائق إلى قطع كبيرة أو ينتج ثقب في نفس المكان.	تحدث به شروخ عند الكسر على شكل نسيج العنكبوت (شكل ٢٠٣ ـ ٢) ويكون هذا إما موضعياً أو على مساحة اللوح بأكمله، ويكون حجب الرؤية عن السائق ضئيلاً.
تعليل الشكل المميز للتكسر	نتيجة المعاملة الحرارية في عملية الإنتاج تنشأ على الأسطح الخارجية للزجاج إجهادات ضغط تحافظ على التوازن مع إجهادات الشد الموجودة في داخل الزجاج. ولذا فيؤدي حدوث أي خلل إلى الانهيار الفجائي لحالة توازن القوى هذه.	تلتصق رقيقة شفافة قابلة للتشكيل اللدن، موجودة بين الطبقتين المكونتين للوح الزجاجي، وتلتح الشظايا عن انكسار هاتين الطبقتين: وتحتفظ كل من الطبقتين بخاصيتها على تكوين الشظايا زهجية الشكل عند الانكسار.
الحكم على مدى الأمان	عند التلف الضئيل يبقى اللوح في الإطار وتصبح الرؤية سيئة جداً، في حالة تلاقي كلا من اتجاه النظر ومسقط أشعة الضوء عند زاوية غير مناسبة. وإذا انكسر اللوح الأمامي فقد يصاب الوجه والعينان بالكثير من شظايا الزجاج، وفي مثل هذه الحالة يكون رد فعل السائق هو إغماض العينين لفترة قصيرة. ويتعرض الركاب للخطر عند اختراقهم اللوح مكسور بسبب بقايا الزجاج العالقة بإطار اللوح.	تؤدي الصدمات الضعيفة إلى حدوث شروخ على شكل نسيج العنكبوت لا يكاد يؤثر على الرؤية. وإذا أدى الاصطدام إلى دفع الركاب إلى الخارج خلال لوح الزجاج الأمامي، فغالبا ما يصابون بجروح جسيمة بسبب وجود شظايا زهجية الشكل حول مكان الكسر، ويجري البحث في تحسين الاستفادة من الخواص المرنة لزجاج الأمان الرقائقي (VSG)، بحيث تصبح للوح مرونة شبيهة بمرونة شبكة الإنقاذ عند انكساره.





٢٠٣ ـ ٣ مقطع في إطار النافذة والمطاط الماسك واللوح الزجاجي.
أ) مطاط ماسك ذو قطاع زخرفي يمكن أن يشكل من مادة اصطناعية (بلاستيك) أو من معدن.
ب) رفع شفة الإمساك لإخراج اللوح من الحافة الناتئة لإطار النافذة.

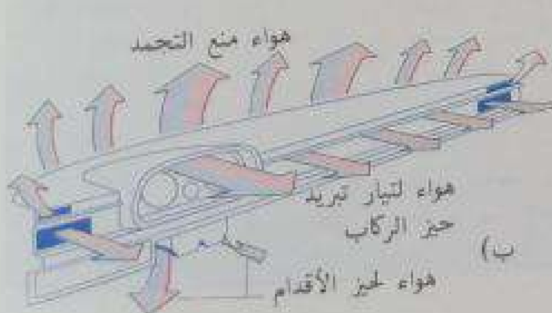
جهاز التدفئة والتكييف: وهو ذو أهمية كبيرة لأمان الركاب وراحتهم. إن الحيز الصغير - بالمقارنة مع غرف المسكن - والجانب الزجاجي الكبير لهذا الحيز وكذا التغيير المتكرر للهواء، تؤدي جميعها إلى حدوث تغير كبير في درجة حرارة حيز الركاب. وتعتبر درجة الحرارة الواقعة بين 18°C و 24°C مناسبة من حيث الاحساس. ولا يزال تحقيق ذلك أمرا صعبا في بلاد كثيرة، وتحت ظروف التغير الطبيعي لدرجة الحرارة الخارجية فيها. وقد حلت مشكلة البرودة تماما، إذ تحتوي جميع السيارات على أجهزة تدفئة. أما مشكلة حرارة الصيف فلم يمكن الوصول إلى حل كامل لها بعد. وتعتبر أجهزة التكييف عالية الثمن، كما لا يكون فتح النوافذ حلا كاملا للمشكلة.

يتم تمييز وتقييم أجهزة التدفئة على أساس نوعية تصميمها، على الوجه التالي:

الرسم التخطيطي	نوع التنظيم	المزايا	العيوب
	يتم تنظيم درجة الحرارة بواسطة الماء.	حيز إنشائي صغير وتصميم مبسط	تختلف درجة حرارة حيز الركاب طبقا لتحميل المحرك وسرعة السير، ولا يتم التوصل إلى تغيير أكبر في درجة الحرارة إلا بعد مرور بعض الوقت.
	يتم تنظيم درجة الحرارة بواسطة الماء مع وجود ترموستات (منظم حراري)	لا يزال التصميم هنا بسيطا، وهو ذو حيز إنشائي صغير. ويخرج الهواء عند درجة حرارة ثابتة.	الصنبور هو عبارة عن جزء إنشائي حساس، وكذلك المنظم الحراري أي الترموستات. لا يتم التوصل إلى تغيير أكبر في درجة الحرارة إلا بعد مرور بعض الوقت.
	يتم تنظيم درجة الحرارة بواسطة الماء مع ممر جانبي لتحويل الهواء.	لا يزال الحجم الإنشائي مقبولا. ولا تعتمد درجة الحرارة في حيز الركاب على سرعة السير اعتمادا كبيرا. يحدث تدفق كبير جدا للهواء البارد.	الصنبور عبارة عن جزء إنشائي حساس. ويلزم جهد لتشغيل لقلابة تحويل الهواء، لصعوبة مزج تيارات الهواء.
	يتم تنظيم درجة الحرارة بواسطة الهواء فقط.	لا تعتمد درجة الحرارة في حيز الركاب على سرعة السير اعتمادا كبيرا ولا يتأخر حدوث التأثير عند تغير درجة الحرارة.	حجم إنشائي كبير وتدفق قليل نسبيا للهواء البارد مع صعوبة مزج تيارات الهواء. لا يمكن تفادي تسخين الهواء الجديد البارد (حتى لو كان قليلا) ويكون ذلك مزعجا في الصيف.

ويحدد كل من قدرة المحرك وسرعة دورانه وسرعة السير لحد ما، فعالية نظام التدفئة. ولا تعتمد الأجهزة الإضافية (جهاز التدفئة الدائمة) على هذه العوامل اعتمادا كبيرا.

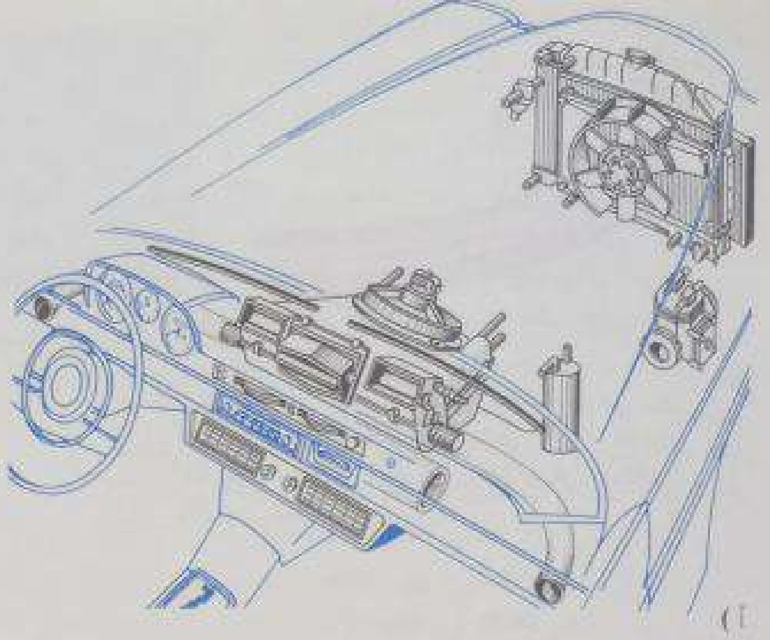
ويعمل جهاز التكييف على غرار الثلاجة (البراد) المستعمل في المنزل، إذ يسحب وسيط تبريد غازي (فريون) بواسطة كباس ويكبس ثم يدفع به إلى المكثف، ومنه تخرج حرارة التبخير وحرارة الكبس إلى الهواء الخارجي، مما يؤدي إلى تحويل وسيط التبريد إلى

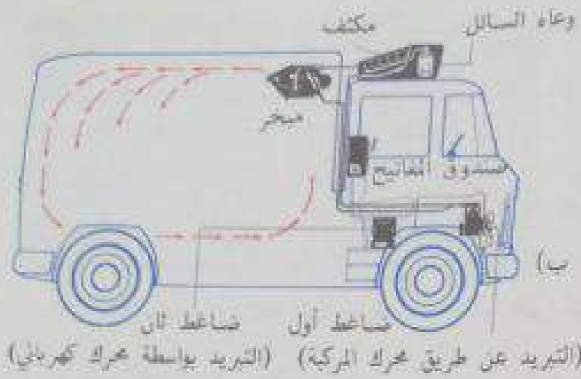






٢٠٤ - ١ جهاز التدفئة والتهوية لسيارة حديثة. ويبين الشكل مسارات التيارات الهوائية المختلفة في حيز الركاب. وتعتبر الرأس والرقبة ومفاصل اليد حساسة بصفة خاصة لتيار الهواء والبرد الشديد، كما لا تتحمل الأفخاذ والركب والأقدام سوى سرعات الهواء المنخفضة. أما الصدر فيمكنه على العكس من ذلك أن يتحمل تيارا قويا. وتمضي فترة زمنية قبل وصول البرد إلى الصدر عبر الملابس.


أ)



(التبريد بواسطة محرك كهربائي) (التبريد عن طريق محرك المركبة)

٢٠٥ - ١ تجهيزات تكييف الهواء للمركبات.
أ) أجهزة تكييف هواء سيارات ركوب الأشخاص.
ب) جهاز تكييف هواء أنشئ لاحقا في شاحنة صغيرة، ويمكن توفير التبريد للمركبة المتوقفة والمحرك الساكن، بتوصيل جهاز إضافي بشبكة الكهرباء عند مكان الوقوف.

حالة السيولة. ويتجه وسيط التبريد إلى صمام التمدد عبر وعاء جمع سائل التبريد ومجفف المرشح. وتسبب حالة التمدد السائدة هنا تبخير وسيط التبريد السائل. ويفقد الهواء المار عبر المبخر جزءاً من حرارته، ثم يوجه تيار الهواء المبرد إلى حيز الركاب. ويعاد سحب وسيط التبريد بواسطة الكباس من جديد، ويعود للتدفق مرة ثانية في المسار الذي سبق بيانه.

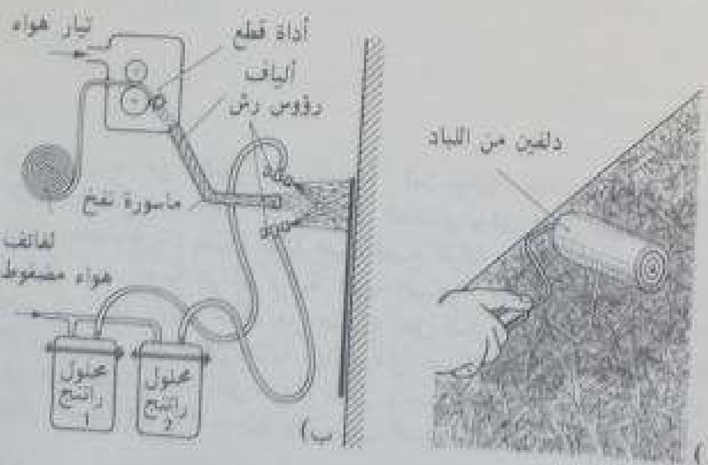
ويجري إنتاج مكيف الهواء لسيارات الركوب غالية الثمن، وللمركبات العاملة في نقل المواد الغذائية ولمقصورة السائق في الشاحنات وفي الحافلات أيضا (شكل ٢٠٥ - ١) (للمزيد من المعلومات حول التهوية والتكييف راجع صفحة ٢١٠).

٦ - ١ - ٣ التركيبات العلوية المصنوعة من اللدائن الاصطناعية (البلاستيك)

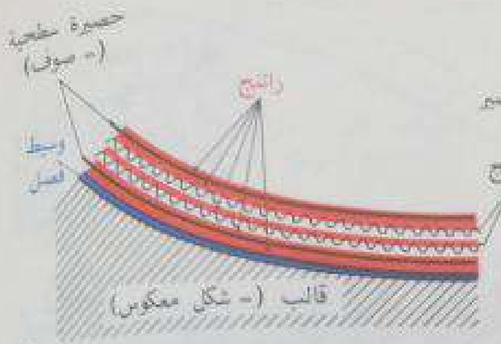
لقد احتلت اللدائن الاصطناعية مكانا هاما ضمن مواد صناعة المركبات الحديثة. وتنتج تركيبات علوية مصنوعة من اللدائن الاصطناعية للعديد من طرازات المركبات في جميع مجالات سيارات ركوب الأشخاص وسيارات الخدمات العامة. ولم تتمكن اللدائن الاصطناعية من التغلغل في الإنتاج الكمي بعد. وحتى في تلك الحالات الخاصة التي بلغ الإنتاج فيها ألف وحدة في الشهر الواحد، فإن هذا العدد هو في الواقع الإنتاج اليومي لكثير من الشركات المنتجة. ويبدو من التطوير الذي تم حتى الآن، أن هناك طريقتي إنتاج متباينتين هما:

طريقة إنشاء المقاطع الواجهية المغلقة: وتقوم هذه الطريقة على أساس استخدام لدائن اصطناعية مقواة بألياف زجاجية (GFK) تجهز بإفرادها يدوياً وتشكل بالاستعانة بتجهيزات ووسائل بسيطة (شكل ٢٠٥ - ٢).

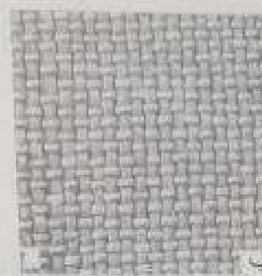
المادة والتصنيع: تكون اللدائن الاصطناعية دائما وسيط ربط مكون من راتنجات البوليستر أو الإيبوكسي غير المشبعة، وكلا النوعين من اللدائن التي تتصلد عند التسخين. وتتصلد راتنجات البوليستر - المعروفة تحت الأسماء التجارية بالاتال وليجوفال وفستوبال وغيرها - عندما تضاف إليها كمية مقابلة من المصلد مع مزج عامل مساعد في نفس الوقت. وتمر الكتلة بحالة هلامية قبل التصلد الكامل.

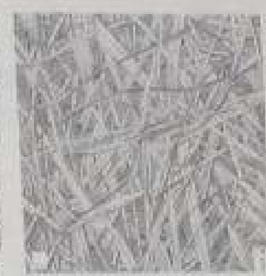


٢٠٥ - ٢ تصنيع اللدائن الاصطناعية بطريقة الإفراد اليدوي.
أ) بعد قص الألياف الزجاجية بالشكل المطلوب، يوضع الراتنج مسبق الإعداد فوق هذه الألياف، باستخدام فرشاة عادية أو فرشاة على شكل دلفين مصنوعة من فرو الحمل.
ب) يمكن إجراء نفس العملية أيضا باستخدام مسدس رش ذي ثلاثة منافث، يرش منها رذاذ - مؤلف من الراتنج وألياف الزجاج المفتتة والمادة اللازمة للتصليد - في الشكل المطلوب. وتوجد أجهزة أخرى لاستخدام طريقة الحقن، وفيها تضغط اللدائن الاصطناعية على الأشكال المطلوبة، السابق فرشها بالألياف الزجاجية وبقوة ضغط زائد تتراوح بين 4 bar و 10 bar.









٢٠٦ - ١ الأشكال التجارية للألياف الزجاجية : أ) حصير (ب) نسيج مدكك (ج) صوف

٢٠٦ - ٢ مقطع تخطيطي في غلاف مصنوع من لدائن اصطناعية ذات تقوية من الألياف الزجاجية (GFK). لحصول على سطح ناعم، يجب أن توضع قطع الألياف المجزأة والراتنج ووسيط الفصل في قالب أملس (معكوس الشكل)، لأن كل نتوء فيه يظهر ثانية على السطح. وتصعب إزالة فقاقيع الهواء من أسطح الالتصاق وخصوصا من سطح الراتنج قبل أن يتصلد. وحيث أن هذا لا يتم بشكل مطلق، لذا تكسى أجزاء جسم المركبة بطبقة معجون حشو مكون من لدائن اصطناعية ثم تطلى بالدهان بالأسلوب المعتاد.

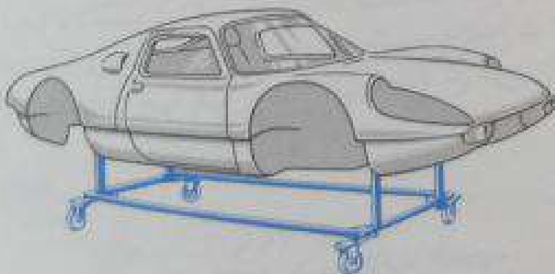
ويزداد قصر الفترة الزمنية المنقضية حتى الوصول إلى درجة التهلم، كلما زادت كمية مادة تعجيل التصليد المضافة إلى اللدائن الاصطناعية.

ويجب مراعاة الانتشار الحراري في الكتلة عند التحول إلى الحالة الهلامية، الذي يمكن أن يكون من الشدة بحيث أنه يحدث بها شقوق وكسور عند استخدام الراتنج النقي، ومن ثم ينصح باتباع تعليمات الشركة المنتجة للدائن الاصطناعية فيما يختص بعملية المزج. بالإضافة إلى ذلك فإن الحرارة المؤثرة من الخارج تعجل عملية التصلد وتنهيها بسرعة. ويلاحظ في بعض طرق العمل أن الأجزاء قد تنكمش بعد مرور فترة طويلة لاحقة، وقد يحدث هذا نتيجة التعرض لأشعة الشمس، ولذلك توضع أجزاء جسم المركبة في فرن تجفيف لفترة زمنية معينة عند حوالي 75°C ليحدث لها تصلد لاحق.

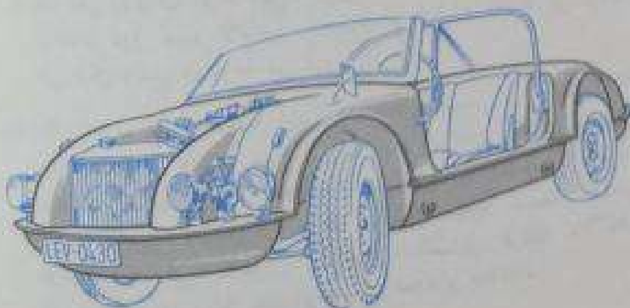
وبينما لا تكون الراتنجات صالحة لزمن غير محدود قبل التشغيل فإن أجزاء اللدائن الاصطناعية المنجزة تكون على العكس. وتمتاز في معظم الأحوال بمقاومة التأثيرات الكيميائية والبيولوجية، وهي لا تتأثر أو تتلف بفعل الصدأ أو الأكسدة أو المؤثرات الجوية.

وتقاوم الألياف الزجاجية الانكماش اللاحق. وتكون مقاومة الأجزاء المصنوعة من اللدائن الاصطناعية أعلى كلما زادت نسبة الألياف الزجاجية فيها. وتصل النسبة في الحدود القصوى إلى 90%. كما يلعب كل من طول واتجاه الألياف دورا في هذا الشأن. ويمكن الحصول على الألياف الزجاجية في الأسواق على هيئة حصير أو نسيج أو صوف (شكل ٢٠٦ - ١)، ويبين قطاع في جزء من هيكل المركبة طريقة توسيد الألياف الزجاجية في الراتنج (شكل ٢٠٦ - ٢).

وتعتبر طريقة إنشاء المقاطع الواجهية المغلقة مناسبة بوجه خاص لصنع الغلاف الخارجي للتركيبة العلوية، عدا الأجزاء المركبة كالأبواب والأغطية وغيرها (حيز الركاب)، ولا تزال غالبية طرازات المركبات المنتجة حتى الآن بتركيبات علوية من اللدائن الاصطناعية، تستخدم دائما إطارات (Frames) رئيسية أو إطارات مساعدة حاملة. وبالرغم من ذلك أمكن الوصول إلى تخفيف الوزن. وقد تم تطوير أجسام المركبات ذاتية الدعم في حالات نادرة فقط (شكل ٢٠٦ - ٣). وتقدم التطويرات الحديثة طريقة على أخرى هي:



٢٠٦ - ٣ تزن التركيبة العلوية للسيارة الرياضية المبينة بالشكل 150 kg. ويخص الإطار - المشكل من مقاطع واجهية صندوقية - منها حوالي 60 kg.



٢٠٦ - ٤ سيارة من اللدائن الاصطناعية (بلاستيك) طبقا لتقسيم المجموعات الأرضية. وتمتاز كلا الطبقتان المغلفتان والحيز الواقع بينهما والمحشو بمادة رغوية، بمقاومة عالية بحيث تصبح المركبة جاهزة للتحميل الكامل دون الحاجة إلى أية تركيبة علوية إضافية، ويجري اختبارها وهي في الحالة المجمعة للتأكد من مقدرتها على السير. ويمكن إنشاء التركيبة العلوية على أشكال مختلفة. وتنتج مثل هذه المجموعات الأرضية على هيئة قطعة واحدة وعلى مرحلة لتشغيل واحدة بأداة تشكيل ضخمة. ويمكن التوصل إلى نتائج مدهشة بالأساليب الفنية المحسنة.

طريقة الإ[...] وتعني كلمة سندوتش في اللغة الانجليزية الخبز المحشو . واستنادا إلى هذا المعنى يفهم من أسلوب الإنشاء الشطائري لصق عدد من المشغولات الرقائقية فوق بعضها لتكون جزءا إنشائيا ذا مقاومة عالية لإجهادات الثني واللي . وبهذا يشكل حيز الركاب السمة البارزة لطريقة الإنشاء التي سبق تناولها . تقوم الأرضية في طريقة الإنشاء الشطائري بتحمل الحمل بأكمله (شكل ٢٠٦ - ٤) . ويتكون هذا الجسم الأجوف ذاتي الدعم (الحمل) من جزئين هما القشرة العلوية والقشرة السفلية . ويملأ الجسم الأجوف بلدائن اصطناعية رغوية بقصد رفع جساءته ومقدرته على الحمل.

المادة والتصنيع : تستخدم لدائن اصطناعية ذات ألياف زجاجية (GFK) لطبقة التغليف أو مادة أكريل نتريل بوتادين ستيرول (ABS)، بينما تستخدم تشكيلة من اللدائن الاصطناعية الرغوية لقلوب الدعم الداخلية . ويغلب استعمال البولي يوريثان (PUR)، حيث قد تم الوصول إلى تطوير جيد لأسلوب تحويل هذه المادة إلى حالة رغوية . ويمكن التمييز أساسا بين أسلوبي تصنيع في هذا المجال هما :

- طريقة الإنشاء بالتغليف ، حيث يتم أولا تشكيل قلب الدعم الرغوي داخل تجهيزة خاصة ، ثم توضع طبقات التغليف فوقها بعد ذلك .
- طريقة الإنشاء بالملء ، حيث تملأ قشرات خارجية مسبقة الصنع إما ملأ جزئيا (عند توفر مكنات صغيرة فقط) ، أو ملأ كليا .

وتتوقف مقدرة التحميل في كلتا الحالتين على مدى الالتصاق بين قلب الدعم وطبقات التغليف . وتقوم حصيرة ألياف (صوفية) بتأدية هذا الغرض ، إذ تغطي المكان وتبدو للعين وكأنها بساط . وتنغرس الشعرات في المادة الرغوية مرارا بينما تمتد الحصيرة الأساسية موازية لسطح الجزء الإنشائي . وفي البداية استخدم البولي يوريثان مع الألياف الزجاجية للتقوية (GFK/PUR) . ثم بُدء بعد ذلك باستخدام البولي يوريثان النقي (PUR) في خطوة لاحقة ، حيث تركب طبقات التغليف من البولي يوريثان الذي ينفذ - أثناء عمليات التشغيل - خلال التدرعات الموجودة على الغلاف حتى يصل إلى قالب التشكيل .

وتُظهر طريقة إنشاء المقاطع الواجهية المغلقة سمات التشغيل اليدوي بشكل جلي . وعلى العكس من ذلك فإنه يجري تنفيذ تطوير تخطيط المجموعات الأرضية في طريقة الإنشاء الشطائري في الشركات الصناعية الكبرى . وتشير بعض الدلائل إلى أن استخدام اللدائن الاصطناعية لن يقتصر على إنتاج الأغطية في يوم ما ، بل أن هذه ستحل محل الفولاذ في صناعة المركبات الآلية . ويمكن لسيارة المستقبل أن تكون سيارة مصنوعة من اللدائن الاصطناعية (البلاستيك) .

الملخص :

- تخضع التركيبة العلوية وإطار المركبة أيضا - إن وجد - إلى التفتيش الذي تقوم به هيئة التفتيش الفني أو أي هيئة رقابة أخرى . ويجب أن يكون كلاهما مأمون السير .
- تكون التركيبات العلوية المصنوعة بأكملها من الفولاذ في سيارات الركاب ذاتية الدعم (الحمل) ، أي تحمل نفسها بنفسها ، ويشتد تأثير وجهة النظر الخاصة بالأمان من الحوادث أكثر وأكثر على تصميم السيارة وشكلها الخارجي ، وتحتوي المواصفة القياسية DIN 70011 على بعض مواصفات التركيبات العلوية لسيارات الركاب .
- يعتبر الطلاء (اللك) العنصر الواقي لجسم المركبة ، وتساعد الطرق المحسنة للطلاء - إلى جانب العناية المناسبة اللاحقة - على تحقيق هذا الغرض لفترة زمنية طويلة .
- إن لزجاج الأمان - رغم تسميته - أخطاره ، ويمكن التعرف على نوع الزجاج من شكل الكسر ، فإما أن يكون زجاج أمان أحادي الطبقة (ESG) أو زجاج أمان رقائقي (متعدد الطبقات) (VSG) .
- تؤثر درجة الحرارة السائدة في حيز الركاب تأثيرا بالغا على قدرة السائق ، وقد وجد أن درجات الحرارة الواقعة بين 18°C و 24°C تعد مناسبة . ففي الشتاء يجب أن يقوم جهاز التدفئة برفع درجة الحرارة في حيز الركاب إلى المجال السابق ذكره . أما عملية التغلب على حرارة الصيف فهي أكثر صعوبة ، ويجب الاستعانة بجهاز تكييف للهواء لهذا الغرض .
- توجد فروق أساسية في أجسام المركبات المصنوعة من اللدائن الاصطناعية (البلاستيك) ، وإما أن تكون هذه الأجسام تغطية جزئية لتصميم إطاري ذاتي الدعم (الحمل) مع إطار مساعد ، أو أن تكون وحدة ذاتية الدعم (الحمل) كمجموعة أرضية .
- أما طريقتا إنتاج التركيبات العلوية من اللدائن الاصطناعية فهي : طريقة إنشاء المقاطع الواجهية المغلقة ، وطريقة الإنشاء الشطائري . ويمكن إنجاز الطريقة الأخيرة إما بالتغليف أو بالملء . وتصنع الإنشاءات الشطائرية إما من البولي يوريثان والألياف الزجاجية للتقوية (GFK/PUR) ، أو من البولي يوريثان النقي (PUR) .

أسئلة :

١ - كيف تصمم الإطارات العادية لمركبات الخدمات العامة؟
٢ - ما هي الإجراءات الإنشائية التي تجعل جسم سيارة ركوب الأشخاص أكثر أمانا؟
٣ - لماذا تكون أجسام المركبات الحديثة ذاتية الدعم (الحمل) ؟
٤ - ما هي الخواص الواجب توافرها في طلاء جسم المركبة؟
٥ - أذكر أنواع الطلاء المستعملة .
٦ - كيف يُنجز الطلاء؟
٧ - لماذا يمكن الحكم على نوع زجاج الأمان من شكل الكسر؟
٨ - صف كيفية تركيب لوح الزجاج الأمامي (حجاب الريح) .
٩ - ما هو الفرق بين جهاز التدفئة وجهاز تكييف الهواء؟
١٠ - كيف تُنشأ تركيبة علوية من الألياف الزجاجية المقوية (GFK) بطريقة الأفراد اليدوي؟
١١ - ما هي مهمة الألياف الزجاجية في طريقة إنشاء المقاطع الواجهية المغلقة؟
١٢ - وضح كيف تتكون المجموعة الأرضية ذاتية الدعم (الحمل) في طريقة الإنشاء الشطائري .
١٣ - ما هي المواد التي تستعمل في طريقة الإنشاء الشطائري؟

طريقة الإنشاء الشطائري (سندوتش)، وتعني كلمة سندوتش في اللغة الانجليزية الخبز المحشو. واستنادا إلى هذا المعنى يفهم من أسلوب الإنشاء الشطائري لصق عدد من المشغولات الرقائقية فوق بعضها لتكون جزءا إنشائيا ذا مقاومة عالية لإجهادات الثني والليّ.

وبينما يشكل حيز الركاب السمة البارزة لطريقة الإنشاء التي سبق تناولها، تقوم الأرضية في طريقة الإنشاء الشطائري بتحمل الحمل بكامله (شكل ٦-٢٠٦-٤). ويتكون هذا الجسم الأجوف ذاتي الدعم (الحمل) من جزئين هما القشرة العلوية والقشرة السفلية. ويملأ الجسم الأجوف بلدائن اصطناعية رغوية بقصد رفع جساءته ومقدرته على الحمل.

المادة والتصنيع: تستخدم لدائن اصطناعية ذات ألياف زجاجية (GFK) لطبقة التغليف أو مادة أكريل تريل بوتادين ستيرول (ABS)، بينما تستخدم تشكيلة من اللدائن الاصطناعية الرغوية لقلوب الدعم الداخلية. ويغلب استعمال البولي يوريثان (PUR)، حيث قد تم الوصول إلى تطوير جيد لأسلوب تحويل هذه المادة إلى حالة رغوية. ويمكن التمييز أساسا بين أسلوبي تصنيع في هذا المجال هما:

- طريقة الإنشاء بالتغليف، حيث يتم أولا تشكيل قلب الدعم الرغوي داخل تجهيزة خاصة، ثم توضع طبقات التغليف فوقها بعد ذلك.
- طريقة الإنشاء بالملء، حيث تملأ قشرات خارجية مسبقة الصنع إما ملأ جزئيا (عند توفر مكنات صغيرة فقط)، أو ملأ كليا.

وتتوقف مقدرة التحميل في كلتا الحالتين على مدى الالتصاق بين قلب الدعم وطبقات التغليف. وتقوم حصيرة ألياف (صوفية) بتأدية هذا الغرض، إذ تغطي المكان وتبدو للعين وكأنها بساط. وتنغرس الشعرات في المادة الرغوية مرارا بينما تمتد الحصيرة الأساسية موازية لسطح الجزء الإنشائي. وفي البداية استخدم البولي يوريثان مع الألياف الزجاجية للتقوية (GFK/PUR)، ثم بدء بعد ذلك باستخدام البولي يوريثان النقي (PUR) في خطوة لاحقة، حيث تتركب طبقات التغليف من البولي يوريثان الذي ينفذ - أثناء عمليات التشغيل - خلال التدرعات الموجودة على الغلاف حتى يصل إلى قالب التشكيل.

وتظهر طريقة إنشاء المقاطع الواجهية المغلقة سمات التشغيل اليدوي بشكل جلي، وعلى العكس من ذلك فإنه يجري تنفيذ تطوير تخطيط المجموعات الأرضية في طريقة الإنشاء الشطائري في الشركات الصناعية الكبرى. وتشير بعض الدلائل إلى أن استخدام اللدائن الاصطناعية لن يقتصر على إنتاج الأغطية في يوم ما، بل أن هذه ستحل محل الفولاذ في صناعة المركبات الآلية. ويمكن لسيارة المستقبل أن تكون سيارة مصنوعة من اللدائن الاصطناعية (البلاستيك).

الملخص:

- تخضع التركيبة العلوية وإطار المركبة أيضا - إن وجد - إلى التفتيش الذي تقوم به هيئة التفتيش الفني أو أي هيئة رقابة أخرى. ويجب أن يكون كلاهما مأمون السير.
- تكون التركيبات العلوية المصنوعة بأكملها من الفولاذ في سيارات الركاب ذاتية الدعم (الحمل)، أي تحمل نفسها بنفسها. ويشتد تأثير وجهة النظر الخاصة بالأمان من الحوادث أكثر وأكثر على تصميم السيارة وشكلها الخارجي. وتحتوي المواصفة القياسية DIN 70011 على بعض مواصفات التركيبات العلوية لسيارات الركاب.
- يعتبر الطلاء (اللك) العنصر الواقي لجسم المركبة. وتساعد الطرق الحسنة للطلاء - إلى جانب العناية المناسبة اللاحقة - على تحقيق هذا الغرض لفترة زمنية طويلة.
- إن لزجاج الأمان - رغم تسميته - أخطاره. ويمكن التعرف على نوع الزجاج من شكل التكسر، فإما أن يكون زجاج أمان أحادي الطبقة (ESG) أو زجاج أمان رقائقي (متعدد الطبقات) (VSG).
- تؤثر درجة الحرارة السائدة في حيز الركاب تأثيرا بالغا على قدرة السائق. وقد وجد أن درجات الحرارة الواقعة بين 18°C و 24°C تعد مناسبة. ففي الشتاء يجب أن يقوم جهاز التدفئة برفع درجة الحرارة في حيز الركاب إلى المجال السابق ذكره. أما عملية التغلب على حرارة الصيف فهي أكثر صعوبة، ويجب الاستعانة بجهاز تكييف للهواء لهذا الغرض.
- توجد فروق أساسية في أجسام المركبات المصنوعة من اللدائن الاصطناعية (البلاستيك). وإما أن تكون هذه الأجسام تغطية جزئية لتصميم إطاري ذاتي الدعم (الحمل) مع إطار مساعد، أو أن تكون وحدة ذاتية الدعم (الحمل) كمجموعة أرضية.
- أما طريقتا إنتاج التركيبات العلوية من اللدائن الاصطناعية فهي: طريقة إنشاء المقاطع الواجهية المغلقة، وطريقة الإنشاء الشطائري، ويمكن إنجاز الطريقة الأخيرة إما بالتغليف أو بالملء. وتصنع الإنشاءات الشطائرية إما من البولي يوريثان والألياف الزجاجية للتقوية (GFK/PUR)، أو من البولي يوريثان النقي (PUR).

أسئلة:

١ - كيف تصمم الإطارات العادية لمركبات الخدمات العامة؟
٢ - ما هي الإجراءات الإنشائية التي تجعل جسم سيارة ركوب الأشخاص أكثر أمانا؟
٣ - لماذا تكون أجسام المركبات الحديثة ذاتية الدعم (الحمل)؟
٤ - ما هي الخواص الواجب توافرها في طلاء جسم المركبة؟
٥ - اذكر أنواع الطلاء المستعملة.
٦ - كيف ينجز الطلاء؟
٧ - لماذا يمكن الحكم على نوع زجاج الأمان من شكل التكسر؟
٨ - صف كيفية تركيب لوح الزجاج الأمامي (حجاب الريح).
٩ - ما هو الفرق بين جهاز التدفئة وجهاز تكييف الهواء؟
١٠ - كيف تنشأ تركيبة علوية من الألياف الزجاجية المقوية (GFK) بطريقة الأفراد اليدوي؟
١١ - ما هي مهمة الألياف الزجاجية في طريقة إنشاء المقاطع الواجهية المغلقة؟
١٢ - وضح كيف تتكون المجموعة الأرضية ذاتية الدعم (الحمل) في طريقة الإنشاء الشطائري.
١٣ - ما هي المواد التي تستعمل في طريقة الإنشاء الشطائري؟

٦ - ٢ التعليق بالنوابض (Spring Suspension)

٦ - ٢ - ١ وظائف التعليق بالنوابض

تتحرك السيارة أثناء السير وعند الكبح أو التسارع في اتجاه محاورها الثلاث أو حولها (شكل ٢٠٨ - ١). وكثيرا ما يحدث عدد من الحركات الممكنة في آن واحد. فتكون هناك تراكبات بينها. وتؤدي عناصر التعليق بالنوابض - المركبة في السيارة بين العجلات وتعليقها والمحاور من ناحية، والهيكل والمحرك والركاب وغيرها من ناحية أخرى - الوظائف التالية:

- الإقلال من صدمات طريق السير (المطبات) وتلقيها ثم تحويلها إلى اهتزازات.
- ضمان تلاصق ثابت قدر الإمكان بين العجلات وطريق السير، لتأمين قيادة السيارة إلى أبعد حد ممكن.
- زيادة الراحة في السفر، وحماية الأفراد والمنقولات، ثم المحافظة على الأجزاء الإنشائية - التي تلي النوابض - من التلف.

وتؤدي القوى الصدمية المؤثرة على السيارة - والتي تكون متباينة في النوع والمقدار - إلى اهتزازات ترددانها هي:

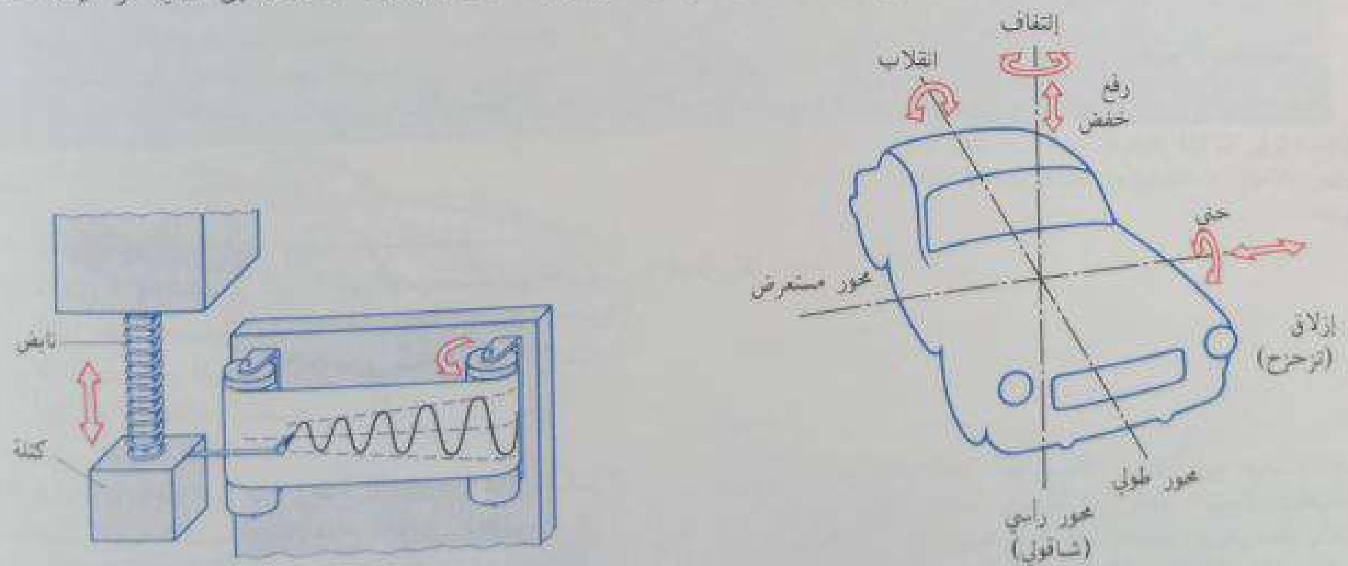
- الكتل المزودة بنوابض (التركيبات العلوية في اتجاه المحور الرأسي حوالي من ذبذبة واحدة في الثانية إلى ذبذبتين في الثانية)
- الكتل غير المزودة بنوابض (المحاور حوالي من 10 ذبذبات في الثانية إلى 14 ذبذبة في الثانية لسيارات ركوب الأشخاص متوسطة الحجم).

٦ - ٢ - ٢ الاهتزازات

تطلق على الحركة الدورية في الاتجاهات المتعاكسة تسمية اهتزازات (تذبذب). وعند تغيير حالة مجموعة مرنة - مثل كتلة على نابض - من حالة السكون، تتذبذب وتهتز بسعات دائمة التناقص، حتى تعود مرة أخرى في النهاية إلى حالة السكون (شكل ٢٠٨ - ٢). وتكون الفترة الزمنية الواقعة بين بداية الاهتزاز ونهايته أطول، كلما كانت الكتلة المهتزة أكثر ثقلا والنابض أكثر مرونة.
وعلى أية حال فإن كل اهتزاز لابد أن يصل إلى حالة السكون. وعند تعرض نابض ما للانحراف عن وضعه الأصلي، ينشأ فيه احتكاك داخلي في الجزء الإنشائي المتصل به مثلا، تبعا لشكله وكنتيجة للانحناءات والالتواءات الحادثة فيه. ويستهلك هذا الاحتكاك جزءا من الطاقة المسببة للانحراف. ويجب أن تتضاءل الاهتزازات في المركبات بسرعة قدر الإمكان، لذلك يستعان بممتص صدمات يولد احتكاكا خارجيا إضافيا.

٦ - ٢ - ٣ اختبار النوابض

تدوّن نتائج اختبار النوابض على هيئة مخططات تعرف بالمنحنيات الخصائصية للنوابض (منحنيات النوابض)، حيث توجد علاقة بين تحميل النابض ومدى انحنائه. فإذا رفع الحمل إلى مثليه أو ثلاثة أو أربعة أمثاله، وازداد الانحناء إلى مثليه أو ثلاثة أمثاله

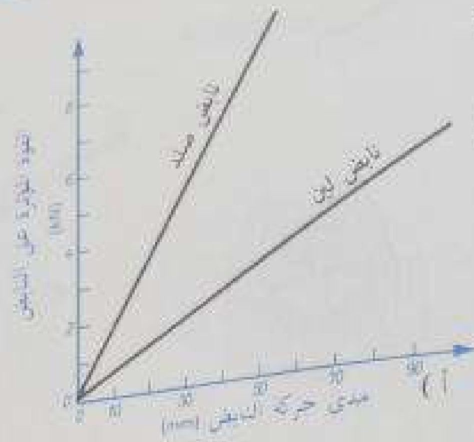


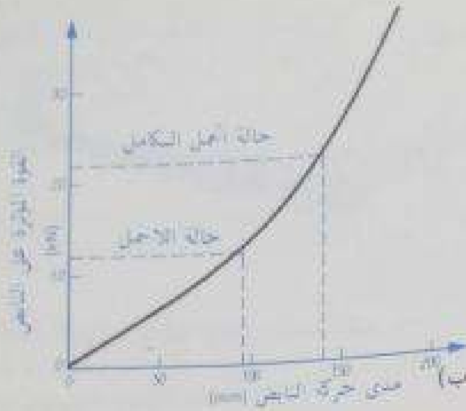
٢٠٨ - ١ المحاور الثلاثة للسيارة والحركات الموكل بها إليها. غالبا ما تهتز السيارة حول أكثر من محور في آن واحد (تراكب) (Superposition).

٢٠٨ - ٢ يبين الرسم ذبذبة متضائلة نتيجة خمد الطاقة الاحتكاكية الداخلية. ويحدث فيها خمد ضعيف. أما في السيارة، فإن تضاؤل الذبذبة يستغرق زمنا طويلا. ولذا يلجأ إلى خمد خارجي إضافي باستخدام مخمد الاهتزازات ذي الشكل التلسكوبي (المتداخل).

أ) رسم بياني لمدى حركة النابض بتأثير التحميل؛ علاقة طردية لنابض لين وآخر صلد.

ب) نفس الرسم البياني ولكن لنابض ذي علاقة متزايدة المعدل (تابضية تصاعدية).



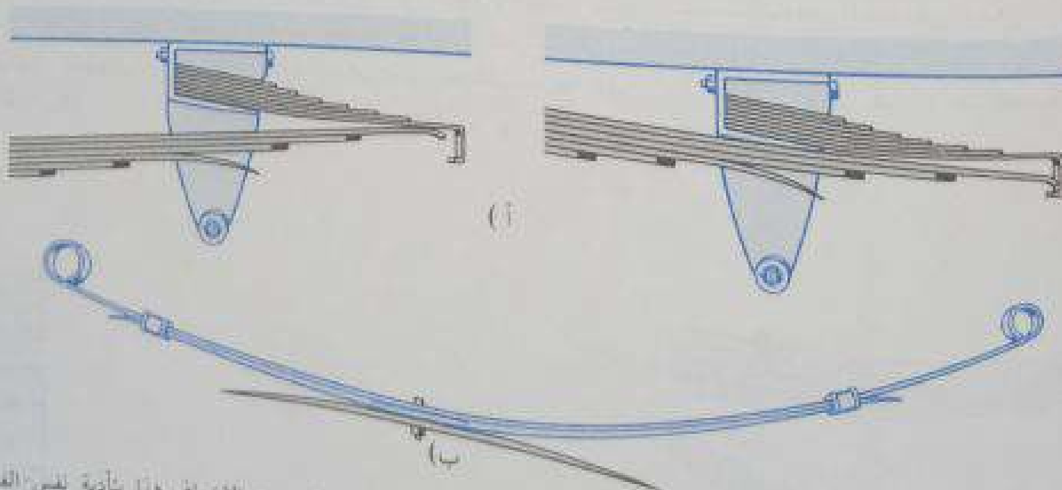


وهكذا، تظهر المنحنى الخصائصي للنابض – في الرسم البياني لمدى حركة النابض بتأثير الحمل الواقع عليه – على شكل خط مستقيم (شكل ٢٠٩ – ١أ) . وهذا يعني أن العلاقة خطية . إلا أن الهدف الأساسي هو استيعاب الصدمات الخفيفة في الطريق دون انفعال كبير ، أما عند الأحمال العالية ، فعلى النابض أن ينفعل بصلادة متزايدة حتى يمكن تجنب الكسارة . ويمكن تحقيق ذلك جزئيا بواسطة أنواع النوابض التقليدية ، وهي ذات منحنيات خصائصية متزايدة المعدل (تصاعدية) (شكل ٢٠٩ – ١أ) . وتكون هذه النوابض – من الناحية الفنية – نوابض ورقية ذات ترتيب تعليق خاص (شكل ٢٠٩ – ٢أ) ، أو نوابض تدحرج إضافية (شكل ٢٠٩ – ٢ب) . وفي إطار مزيد من التطويرات نشأ «النابض ذو المعدل عالي التزايد» الذي يؤدي إلى مواءمة جيدة للحمل ، ويمكن بواسطته الحصول على جميع معدلات التزايد . وتكمن السمة المميزة للنابض اللين في ثبات الأعداد الدالة على التذبذب الطبيعي (الذاتي) (Natural Frequency) له تقريبا في مجال واسع للحمل .

٦ – ٢ – ٤ نظم التعليق بالنوابض

التصميمات التالية معروفة ويغلب استعمالها في الإنتاج الكمي :

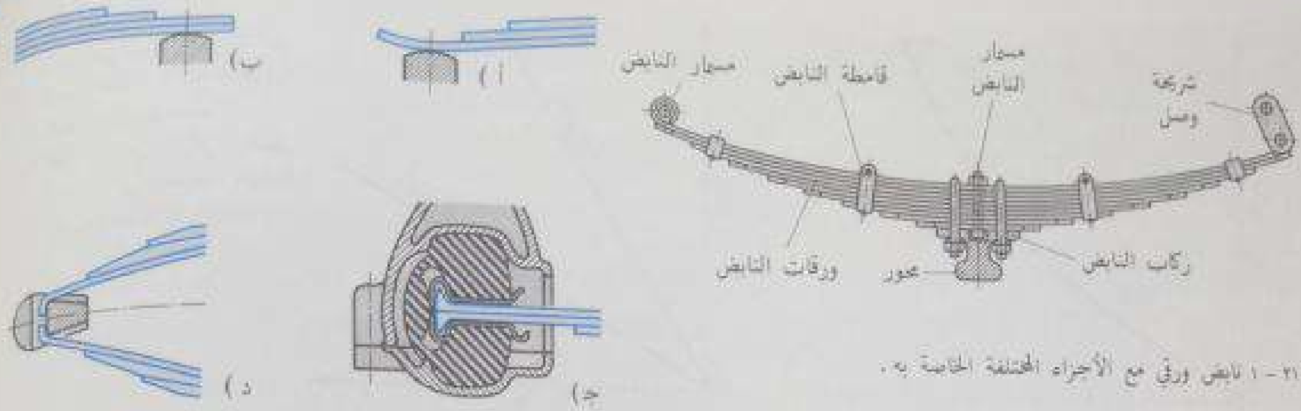
- التعليق بالنوابض الفولاذية (نوابض ورقية ونوابض حلزونية والقضبان الالتوائية النابضة) .
- التعليق بالنوابض الهوائية (نظم مفتوحة ونظم نصف مغلقة) .
- التعليق بالنوابض الهيدرولية المرنة .
- التعليق بالنوابض الهيدرولية مع استخدام الهواء المضغوط .
- أنواع أخرى من النوابض مثل نوابض اللي المطاطية وغيرها .



٢٠٩ – ٢

أ) تعليق ذو تصميم خاص للحصول على مميزات كتلك التي في المنحنى الخصائصي المبين في (شكل ٢٠٩ – ١أ) .

ب) يقوم نابض التدحرج الإضافي هنا بتأدية نفس الغرض ، ويقصر الطول الفعال للنابض هنا أيضا دائما، بحيث تزداد صلادة النابض مع ازدياد الحمل .



٢١٠ - ١ نابض ورقي مع الأجزاء المختلفة الخاصة به.

٢١٠ - ٢
أ و ب) نهايتا نابض، واحدة مستقيمة وأخرى محنية مرتكزتان على حذاء (لقمة) انزلاقي.
جـ) نهاية نابض محملة على مصدم مطاطي.
د) كتلة طرفية لطاقم نابض مزدوج.

٦ - ٢ - ٥ التعليق بالنوابض الفولاذية

تصنع نوابض هذا النوع من فولاذ سيليكي عومل معاملة حرارية خاصة تتفق مع غرض الاستخدام اللاحق، وكثيرا ما يتم تصليد هذه النوابض – وهي أساسا نوابض ورقية وحلزونية – عن طريق قذفها بكريات شديدة الصلابة، وتقوم إجهادات الضغط المسبقة – المتولدة بهذه الطريقة – بالتأثير ضد إجهادات التحميل الناشئة. ويمكن فضلا عن ذلك إضعاف الحساسية للثلم (الحز) عند الحواف بهذه المعالجة. وتتسم النوابض التي تعالج بمثل هذه الطريقة بعلو متانتها عند التشغيل ومقاومتها للكلال. ويجب الانتباه إلى عدم تغيير خواص النابض، من خلال تعريضه للهب مباشرة، أو بإهمال الاعتناء به بصورة غير مقصودة.

النوابض الورقية: وهي تتسم بالمزايا الآتية:
- بساطة الإنتاج (بالحدادة من خامات مدلفنة أو مسحوبة).
- إمكانية تولي توجيه المحور ونقل قوى الدفع.
- سهولة التغيير (الاستبدال).

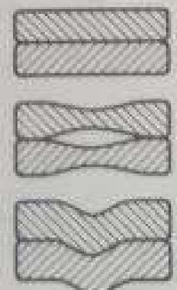
ومازالت هذه النوابض تستخدم في المركبات ذات المحور الخلفي الجاسئ، بصفة خاصة. وتتولى أذرع توجيه طويلة ومستعرضة، توجيه المحور في التصميمات الحديثة لهذه النوابض.

تتحمل الورقات المفردة إجهادات حناية، تكون غالبا أثقل وزنا مما في حالة القضبان الالتوائية ذات الخصائص النابضية الشبيهة بها، إلى جانب حاجتها إلى صيانة وعناية خاصة، من وقت لآخر.

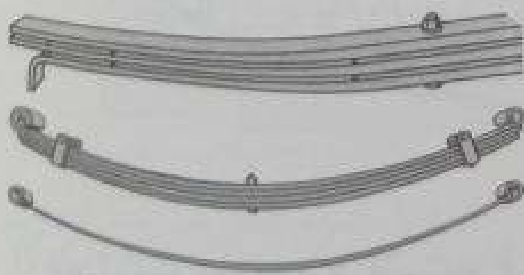
الشكل والتكوين: غالبا ما تكون النوابض المركبة في اتجاه مواز، أو مستعرض على المحور الطولي للمركبة عبارة عن أنصاف نوابض (كانت تسمى فيما مضى نوابض على شكل نصف قطع ناقص) (شكل ٢١٠ - ١). ومن النادر تماما أن يتصادف وجود أرباع النوابض. ويمكن تثبيت النوابض الطولية في الإطار بأساليب مختلفة. ولذلك تشكل أحيانا عروة عند طرف واحد للنابض فقط، بينما يبقى الطرف الآخر مستقيما، أو يقوس بشكل يتيح تحميله على حذاء (لقمة) انزلاقي (شكل ٢١٠ - ٢). ويجب أن يكون التمدد الطولي للنابض الناجم عن ارتجاج المركبة ممكنا في كل الحالات. ويمكن أن يتحقق هذا باستخدام شريحة وصل ذات عروتين (ثقبين).

ويمكن للمقطع المستعرض للورقة المفردة، أن يتخذ شكل مستطيل. ويجب منع التزحزح (الانزلاق) الجانبي للورقات في الحزمة باستخدام قامطات (Clamps) للنابض، كما يمكن أيضا منع الانزلاق، بعمل تشكيل مناسب للمقطع المستعرض (شكل ٢١٠ - ٣).

أما النابض المعروف بنابض شبه المنحرف متعدد الطبقات، فيتركب من عدد من الورقات المفردة ذات السمك والعرض الثابتين، أما الطول فيكون متباينا، وتكون هذه الورقات مجموعة أو حزمة مترابطة (شكل ٢١٠ - ١). وينشأ عن الاحتكاك الحادث بين أسطح التلامس خمد ذاتي كبير، لا يمكن التحكم في مقداره. ويتوقف هذا الخمد على عمر النوابض، ونوع وسيط التزليق



٢١٠ - ٣ أشكال المقطع المستعرض للنوابض الورقية.



٢١٠ - ٤ نوابض مختلفة على هيئة قطع مكافئ.

الموجود بين الرقائق، وحتى على نسبة الرطوبة في الهواء. ويجب العمل على خفض الخمد الذاتي إلى أقل حد ممكن، ويتم هذا بإجراءات عديدة، منها مثلا صنفل الأسطح المتلامسة بالتخليخ، أو استخدام رقائق بينية من البلاستيك (خصوصا في النوابض الخفيفة). ويمكن تجنب البلى عند النهايات القصيرة لورقات النابض، بواسطة هذه الإجراءات، إذ تحتك أطرافها بالورقات الأطول، التي تمتد فوقها، احتكاكا متواصلا. وتتكسر ورقات النابض عند هذه المواضع بسهولة. وللتغلب على هذا العيب تشكل نهايات الأوراق باستدارتها أو شطفها. ومن الأفضل أن يتم حني هذه الأطراف.

النوابض ذات شكل القطع المكافئ (شكل ٢١٠ - ٤)، وهي إذ تمثل أحدث تطور في مجال صنع النوابض، فقد أتت كذلك بتقدم حقيقي، ومن جوانب متعددة. فدلفنة الورق كل على حدة، على هيئة قطع مكافئ، تكسبها صفة المقاومة المتجانسة عند حملها لعزم الحناية، بمعنى أن تكون الإجهادات الناجمة عن التحميل متساوية عند كل مقطع مستعرض.

وبذلك يستفاد من معدن الصنع على أمثل وجه، وتكون هذه النوابض أخف وزنا من النوابض شبه المنحرفة متعددة الطبقات، ويصل إنقاص الوزن إلى الثلث. وعندما يكون ارتفاع حزمة الورقات (السمك الكلي للنابض) منخفضا، يمكن إنتاج السيارة بارتفاع أقل، ويؤدي انخفاض مركز ثقل النابض إلى تحسين عملية قيادة المركبة. ويتم تجنب الاحتكاك الذاتي غير الخاضع للتحكم، بواسطة الخلوص بين الورقات المفردة للنابض. وينشأ التباعد بينها من وجود رقائق من البلاستيك تثبت دائما عند منتصف الورقات المفردة وتمتد حتى أطرافها.

ويمكن التوصل إلى خواص تعليق نابضية تكاد تتساوى مع خواص النابض الهوائي، من خلال المواءمة بين النابض المشكل كقطع مكافئ، وممتص الصدمات.

النوابض الحلزونية: ويستخدم هذا النوع من النوابض بصورة أساسية، في التعليق المستقل للعجلات (تعليق مفرد)؛ نظرا لصغر الحيز اللازم. ويمتاز هذا النوع بحسن استخدام معدن صنعه وخفة وزنه. ويتيح الحيز الأسطواني الداخلي الحر للنابض، تركيب ممتص الصدمات اللازم فيه. ولما كانت النوابض الحلزونية لا تستطيع نقل أية قوة دفع - حيث أنه يحدث لها تحديب (انبعاج) - فإن تعليق العجلة يرتب بحيث تتحمل أذرع التوجيه والأذرع المنزلقة، القوى المؤثرة جانبيا. ولهذا السبب يجري توجيه النوابض الطويلة، بواسطة جلب دليلية، كما هو الحال في قائم انضغاط ماكفرسون الممتص للصدمات (McPherson) (راجع صفحة ٢٢٢)، أو في شعبة (شوكة) العجلة الأمامية، في حالة المركبة ذات العجلتين.

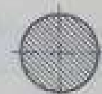
الشكل والتكوين: تصنع أطراف النوابض بأشكال مختلفة طبقا لطريقة تثبيتها. ففي أبسط تصميم لها تكون نهاية اللفات مقطوعة فقط. ويزيد العمل المبذول عندما تجلخ كلا النهايتين تجليخا مستويا. كذلك يمكن تشكيل اللفة الأخيرة لتكون عروة. ولا تحتاج النوابض الحلزونية إلى صيانة، بيد أن علامات الصدأ على السطح تضر بمقاومة الكلال (إعياء). وتكون النوابض الحلزونية التي تتساوى خطوة اللف فيها، ذات منحنى خصائصي خطي. أما النوابض التي تكون اللفات فيها متباينة الخطوة، فتزداد صلادتها كلما ازداد مدى حركة النابض (مسار النابض). وبذلك تكون ذات نابضية تصاعدية.

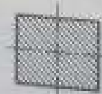
القضبان الالتوائية النابضة: تنتج قضبان هذه النوابض من أجود الخامات المستعملة لصنع النوابض. وتثبت هذه القضبان، إما في اتجاه مواز لمحور السيارة الطولي، أو في اتجاه مستعرض عليه، ويجب أن تحوّل زاوية الى الصغيرة جدا، إلى مدى حركة كبير للنابض بواسطة رافعة. وينتج عن استعمال القضبان الرفيعة الطويلة تعليقا ضعيفا، خاليا من الخمد الذاتي بالاحتكاك. ويتطلب ذلك تركيب ممتص صدمات. ويعتبر السطح الخارجي للقضبان الالتوائية النابضة بالغ الحساسية لخدوش التي تسببها عمليات التشغيل، أو تكون الصدأ، ومن ثم تزود هذه القضبان غالبا بطبقة واقية. ويجب ألا تصاب هذه بالتلف أثناء عملية التركيب. ولذا فإن التركيب المحمي داخل أجزاء الإطار، ليس حلا جيدا من الناحية التصميمية فقط.

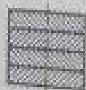
الشكل والتكوين: تصنع القضبان الالتوائية النابضة من مقاطع مختلفة (شكل ٢١١ - ١)، وتثبت نهايات (رؤوس) القضبان مستديرة المقطع بالكبس، ونادرا ما تتخذ شكلا مربعا، أو تثبت بواسطة خوابير مستعرضة. وغالبا ما تجهز بثقوب تسنين تسمح بمواءمة جيدة للإجهاد المسبق في النوابض. وتثبت النهايات ذات المقطع المستطيل عموما بواسطة قوامط.

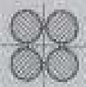
ولا يحتاج هذا النوع من النوابض أيضا إلى صيانة. ولا يمكن التوصل فيه إلى نابضية تصاعدية.

ولما كانت النوابض الفولاذية المحسنة لا تفي بكل الشروط الواجب توافرها، فقد طورت نظم نابضية جديدة، وتم هذا التطوير في معظم الإنتاج العالمي، عن طريق بذل جهود متفاوتة، ويجري دائما محاولة تصميم التعليق بالنوابض، بحيث يكون التعليق غير متوقف على حالة التحميل، وبحيث يمنع الميل عند السير في المنعطفات والهبوط عند الكبح، وأخيرا بحيث يتجنب أي تمايل، أو دفع أو ترجح للتركيبة العلوية للمركبة.


أ) قضيب مستدير.


ب) قضيب مستطيل الشكل.


جـ) قضيب التوائي متعدد الطبقات.


د) قضيب التوائي على شكل حزمة.

٢١١ - ١ الأشكال المختلفة للمقطع المستعرض للقضبان الالتوائية النابضة؛

٦ - ٢ - ٦ التعليق بالنابض الهوائي

يعتبر هذا النابض من أكثر أنواع النوابض الحديثة المتطورة انتشارا، حيث غالبا ما تزوّد به سيارات ركوب الأشخاص، وسيارات الخدمات العامة، وعلى الأخص الحافلات.

يعمل القسم الأكبر من النظم المعروفة، عن طريق تنظيم كمية الهواء. ومن الضروري في هذه النظم استخدام تجهيزة خاصة بتزويد الهواء (راجع تجهيزات الفرامل بالهواء المضغوط، صفحة ٢٥٤). وإذا كانت هذه التجهيزة متوافرة، فيجب أن يركب للنابض خزان تغذية منفصل عن الأجهزة الأخرى في الغالب، ويتحقق ذلك بواسطة صمام لا رجعي للتدفق الزائد (راجع صفحة ٢٥٨).

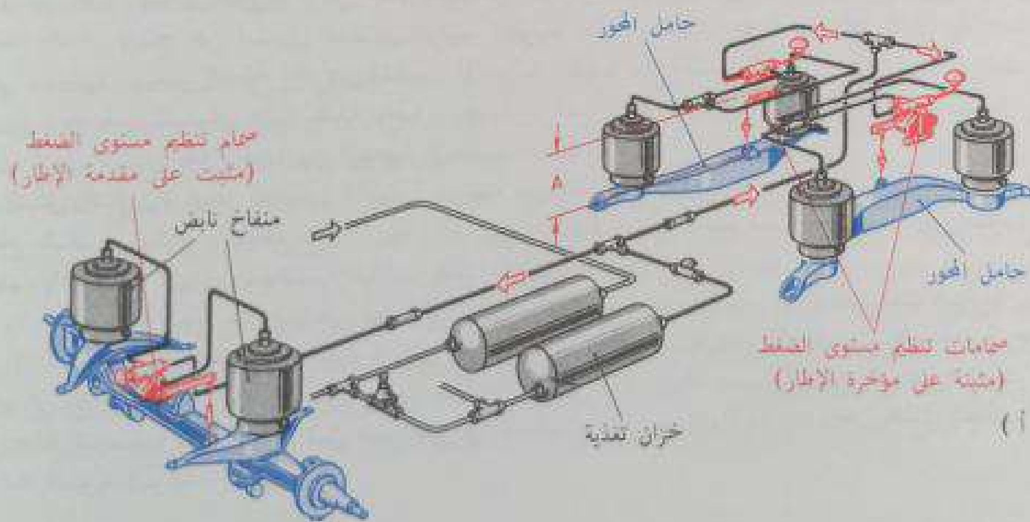
ويوجه الهواء من خزانه، إلى عناصر النابض الحقيقية والمنافيخ، عبر الصمامات المنظمة لمستوى الضغط. ويمكن التمييز بين نظم مختلفة منها:

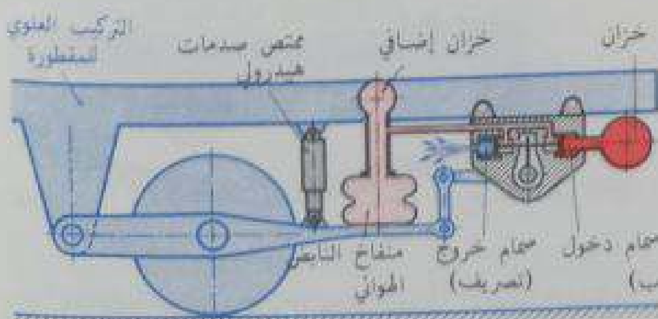
نظام النابض الهوائي المفتوح (شكل ٢١٢ - ١ أ و ب): غالبا ما تجهز به الشاحنات والمقطورات والحافلات. ويخرج فيه الهواء العائد من المنفاخ النابض، إلى الجو عبر الصمامات المنظمة لمستوى الضغط. وتختلف التصميمات بحسب المصنع المنتج، إلا أنه في جميع هذه التصميمات تؤخذ المسافة الواقعة بين إطار المركبة أو تركيبتها العلوية، وبين المحور بعين الاعتبار. وتكون هذه المسافة ضرورية لتشغيل الصمامات المذكورة.

وعند إجراء الإصلاح والصيانة بنظام النابض الهوائي، يجب الانتباه إلى أن الصمامات المنظمة لمستوى الضغط، قد تتساوى تماما من حيث المظهر الخارجي، إلا أنها تختلف من حيث طرق عملها. وتستخدم تجهيزة في الحافلات بصورة رئيسية، وظيفتها أن تقاوم ميل التركيبات العلوية، عند السير في المنعطفات.

تتصف الصمامات المنظمة لمستوى الضغط المستخدمة عادة بتعويقها الذاتي (بطء استجابتها) الذي يعوق عملية التنظيم، بحيث أنه عند الارتجاج العادي للتركيب العلوي - الناجم عن وعورة الطريق - لا تحدث عمليات فصل، أو وصل أساسية. ويبين التركيب الداخلي لصمامات ضبط مستوى الضغط تشابها معينا مع تجهيزات الفرامل التي تعمل بالهواء المضغوط (شكل ٢١٣ - ١).

نظام النابض الهوائي نصف المغلق: ويكثر استخدامه في سيارات ركوب الأشخاص مرتفعة الثمن. ونظرا لأن هذه المركبات لم تكن تحتوي على جهاز هواء مضغوط، فإنه يتعين تركيب مجموعة تغذية هواء خاصة، لتغذية مجموعة التعليق بالهواء، وتحتاج إدارة الضاغط في المتوسط إلى قدرة تبلغ حوالي 0,75 kW فقط من قدرة المحرك. وقد أدخلت على هذه المجموعات تطويرات مستمرة منذ ظهورها. ويمكن حاليا تنظيم الخلوص الأرضي (المسافة بين أرضية السيارة وسطح الطريق) بسهولة، بواسطة التحريك باليد وفقا للظروف المختلفة. وغالبا ما يقع الاختيار على تنظيم ثلاثي المواضع، بمعنى أن وصلة تشغيل صمامات تنظيم مستوى الضغط المفردة الخلفية تثبت بمنتصف المحور. فعند حدوث ميل في التركيب العلوي للمركبة أثناء اجتياز المنعطفات، تبقى المؤخرة بدون تنظيم. وعلى النقيض من شكل ٢١٢ - ١، يوجد هنا صمامان في المقدمة وصمام واحد في المؤخرة.

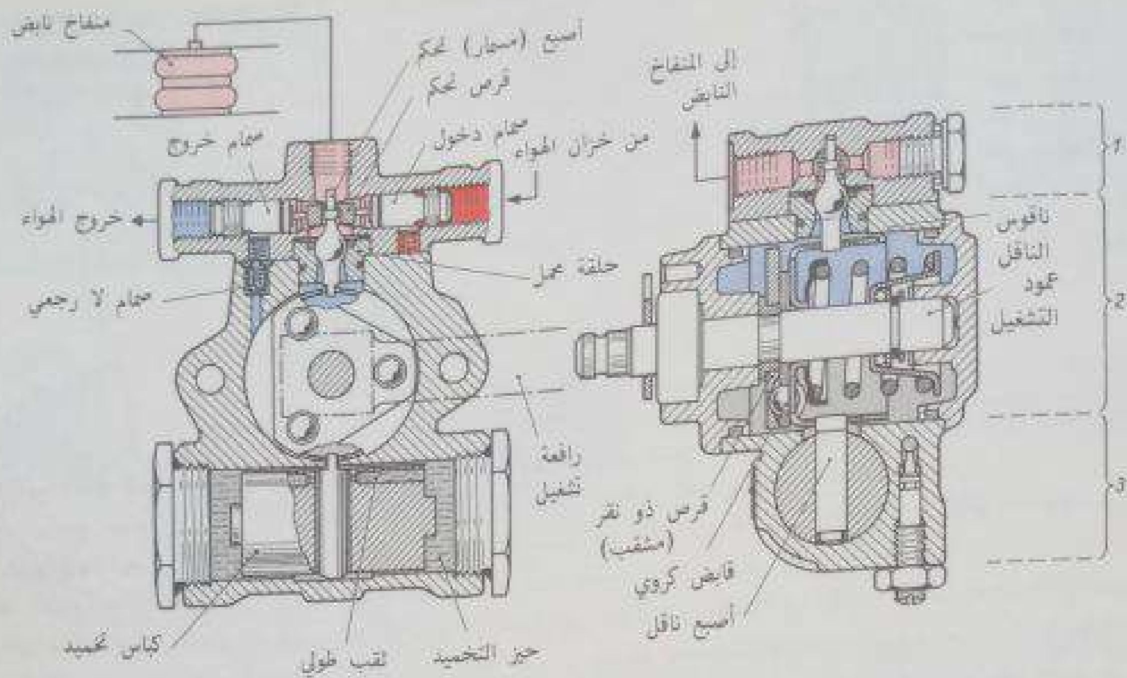




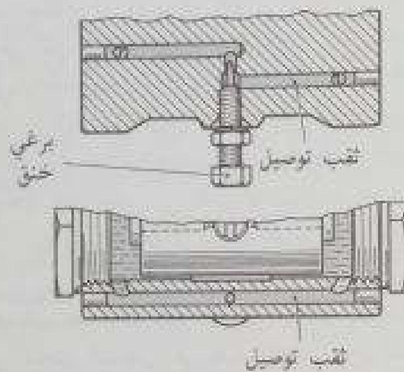
٢١٢ - ١

أ) مجموعة نابض هوائي لحافلة. عندما يقصر البعد A لفترة عابرة - نتيجة التحميل أو تحت وطأة الصدمات العنيفة في الطريق - فيعمل القضيب الواقع بين حامل المحور ورافعة صمام تنظيم مستوى الضغط على ضبط الصمام، بحيث يتدفق الهواء إلى داخل عناصر المنفاخ النابض، حتى يعود البعد A إلى قيمته الأصلية.

ب) تمثيل تخطيطي لنابض هوائي في مقطورة، حيث تتفق طريقة العمل في أساسياتها، مع تلك الخاصة بمجموعة الحافلة.



هواء مضغوط
هواء خارجي
مائع تخميد



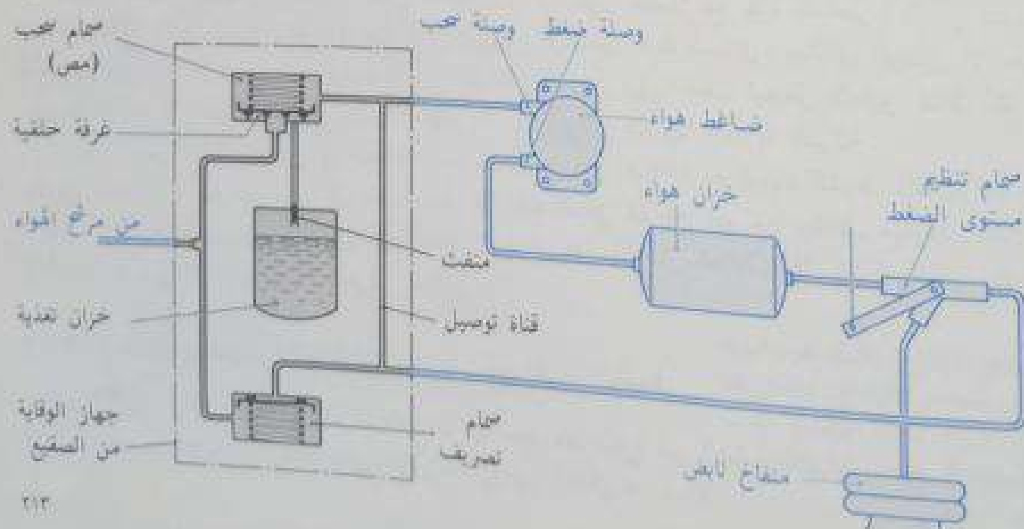
▲

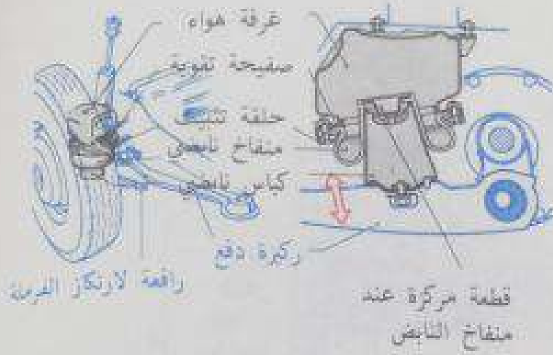
٢١٣ - ١ قطاع في صمام تنظيم مستوى الضغط في النظام المفتوح، ويتكون من الأجزاء التالية:

(١) صمام الهواء المضغوط، (٢) تجهيزة التشغيل، (٣) تجهيزة التخميد. يتم منع فتح الصمام عند التعليق الطبيعي، أو عند اجتياز المنعطفات، بواسطة التشغيل المشترك للقابض الكروي المرن ولتجهيزة التخميد الهيدرولية. وعندما تدير رافعة التشغيل عمود التشغيل، تخرج الكرات الموجودة بين القرص ذي النقر (المثقب) والناقوس الناقل من قواعدها. أما الناقوس فلا يدور معها، وإنما ينزلق على طول العمود، مع ازدياد ضغط النابض، مما يؤدي إلى دفع الكرات لتعود إلى تجاويفها المخروطية. عندئذ تمكن الناقوس من الدوران فيدفع كباس التخميد إلى مسافة أبعد، وينتج عن ذلك دخول السائل عبر تجويف خانق إلى غرفة حيز التخميد، الواقعة في عكس اتجاه الحركة. ويمكن لماسورة الصمام الموجودة في الجزء العلوي من هذه التجهيزة أن تتحرك، ولا تسمح بتدفق الهواء من منفاخ النابض أو إليه، إلا عندما يتم تجاوز هذا التأخير فقط.

٢١٣ - ٢ رسم تخطيطي لتعليق بنابض هوائي للنظام نصف المغلق. حيث يتولى جهاز الوقاية من الصقيع مهمة منظم الضغط. فعندما ينخفض الضغط عن حد معين، يخرج الهواء من صمامات تنظيم مستوى الضغط ليدخل في الضاغط عند جانب السحب، عبر قناة التوصيل. فإذا كان الضغط بالغ الارتفاع، طرد الهواء من خلال مرشح المحرك إلى الخارج. أما إذا كان الضغط بالغ الانخفاض، فينفتح صمام السحب في جهاز الوقاية من الصقيع، ويصل الهواء المزود بوسيط الوقاية من الصقيع إلى الضاغط، عن طريق جانب السحب فيه. ويؤدي الترتيب الخاص بهذا النظام إلى توفير في استهلاك وسيط الوقاية ضد الصقيع.

▼





٢١٤ - ١ ترتيبة منفاخ هوائي مثبتة عند محور سيارة ركوب الخاص، وفي هذا التصميم ينقلب الانتفاخ أثناء الميل قليلا أو كثيرا على الكباس، ومن ثم تطلق عليه تسمية منفاخ تدحرجي.

وبمقارنة نظام النابض الهوائي نصف المغلق مع مجموعات الفرامل التي تعمل بالهواء المضغوط، نجد أن هذا النظام لا يستخدم منظم للضغط (راجع صفحة ٢٥٧)، حيث يتولى هنا جهاز الوقاية من الصقيع إنجاز وظيفة هذا المنظم.

ويقوم جهاز يعرف «بوحدة الصمام» بتوزيع الهواء المضغوط على المحورين الأمامي والخلفي بما يلائم الحاجة، وبذلك يوجه كل الضغط الموجود بالخزان إلى المؤخرة، إذ يجب معادلة التغيرات الكبيرة في التحميل على وجه السرعة.

وعلى ذلك يختلف مقدار الضغط الزائد في المنفاخ النابضي من 6,0 bar إلى 7,0 bar في المقدمة، ومن 5,5 bar إلى 8,0 bar في المؤخرة.

ومن الطبيعي ضرورة توجيه العجلات المعلقة على هذا النحو، بواسطة تصميمات توجيه مناسبة، حيث لا تستطيع المنافيخ الهوائية النابضية نقل قوى في الاتجاه الجانبي. وفضلا عن ذلك تثبت رافعة في غلاف محمل الفرملة من جانب، وفي جسم المركبة من الجانب الآخر، بواسطة وصلة، مما يؤدي إلى منع رفع مؤخرة المركبة عند الكبح.

ثمة إجراء آخر كان ضروريا في النابض الهوائي الذي يعمل برفق وسهولة، وهو تركيب موازن ذي قضيب التوائي نابض، عند كل من المحورين الأمامي والخلفي، لتخفيف التمايل الشديد للمركبة عند اجتياز المنعطفات. وفي نفس الوقت تمنع وحدة الصمامات حدوث التوجيه الذاتي في المركبة عن طريق تأخيرها لدخول الهواء أو خروجه من المنفاخ. ويرتبط عنصرا النابض - المركبان على المحور الخلفي مع بعضهما - بوصلة، بحيث يحدث تعادل الضغط دائما.

وعند رفع الحمل عن المحاور - الذي وجب أن ينشأ عنه صرف الهواء (كما هو الحال عند تغيير عجلة مثلا، أو عند إجراء أعمال إصلاح معينة) - يتم إغلاق أنبوب صرف الهواء عند مقعد السائق، بواسطة تنظيم خاص بوحدة الصمامات. وبهذا يبقى وضع العجلات ثابتا.

وتركب ممتصات صدمات إلى جانب النوابض الهوائية، بحيث تكون متوافقة معها بشكل جيد، لمنع الاهتزازات اللاحقة.

وإذا لم تكن عناصر النابض على هيئة غرف هواء بسيطة، فإنه يمكن تشكيلها أيضا على هيئة منفاخ تدحرجي (شكل ٢١٤ - ١). ويثبت المنفاخ - المصنوع من مطاط ذي بطانة من نسيج النايلون - في غرفة الهواء بالمولبة، وبواسطة حلقة تثبيت. وينقلب المنفاخ عند الميل على كباس تدحرجي مصنوع من الفولاذ.

٦ - ٢ - ٧ التعليق بنابض هيدرولي مرن

يكون النابض وممتص الصدمات في هذا النوع من التعليق النابضي وحدة متكاملة. ويشير الاسم إلى استخدام سائل، وكذلك إلى الخواص المرنة للمواد المطاطية المستعملة في تركيب عناصر النابض (شكل ٢١٥ - ١).

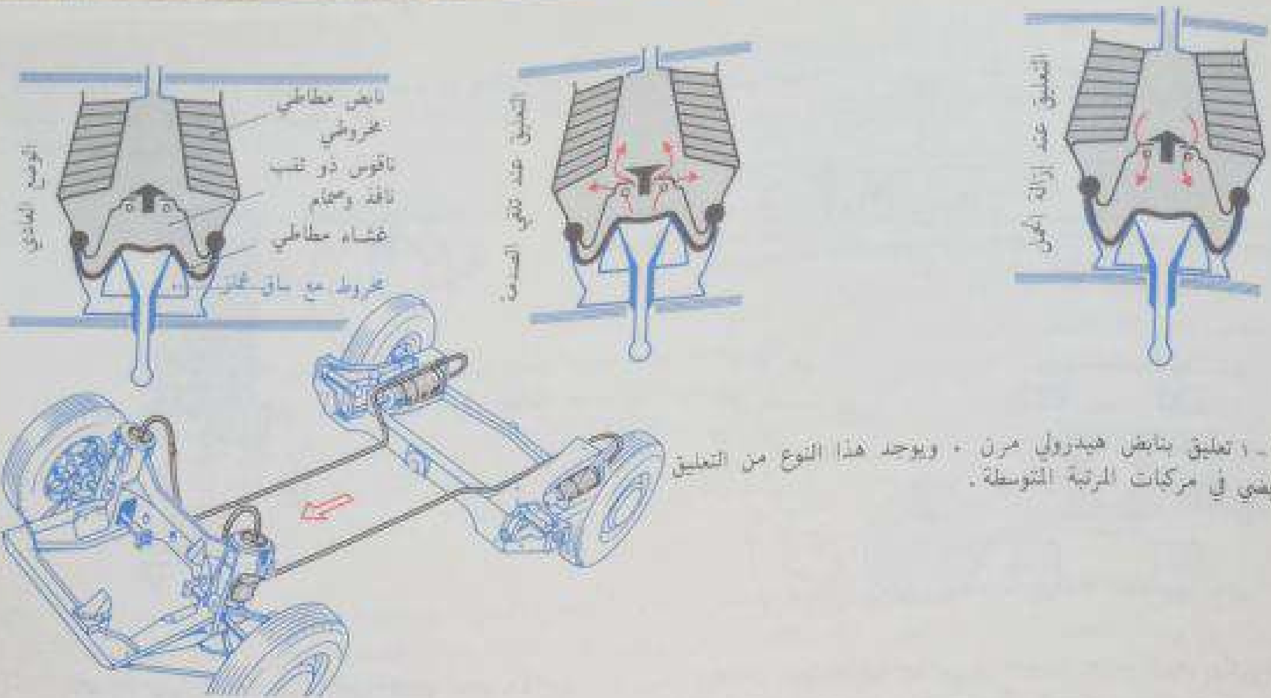
ويتكون السائل من الماء والكحول بنسبة 50% تقريبا لكل منهما (واقي من الصقيع). وهو يعمل كوصلة ميكانيكية جامدة، ويضاف إليه كمية صغيرة من وسيط مقاوم للصدأ بقصد إطالة عمر الأجزاء المعدنية. ويعمل هذا المزيج أيضا دون أية صعوبات تحت ظروف الحرارة غير العادية، وتصب كمية السائل في صمام الملء حتى يصل إلى المستوى الذي يتطلبه تشغيل السير المتوسط.

ويمكن لعنصر النابض المفرد أن يعمل أيضا دون أن يكون متصلا مع بقية العناصر. إلا أن عناصر النابض الموجودة عند جانب المركبة تكون عادة متصلة ببعضها، حتى يمكن التوصل إلى تكبير كمية السائل، وبالتالي الوصول إلى مقدرة تشغيل أعلى. فعند اصطدام إحدى العجلات الأمامية، ينتقل جزء من الضغط الهيدرولي إلى الخلف ليجعل التعليق هناك أكثر صلادة. وإذا ما رُفعت عندئذ مقدمة المركبة لا تنفعل المؤخرة بالهبوط، ومن ثم يقل ترجح التركيبة العلوية للمركبة.

ويكون تأثير هذه النوابض في البداية لينا، ثم يصبح أكثر صلادة مع ازدياد الشوط (المسار)، مما يعوق منع اهتزازات الترجح، والميول المستعرضة غير المرغوب فيها منعا تاما. أما المنع الكلي للترجح فهو من وظائف موازنات ذات قضيب التوائي، مركبة في الجزء الخلفي من الإطار. ويعمل القضيب الحر كنابض إضافي عند الأحمال العالية. ولا يحتاج التعليق بالنابض الهيدرولي المرن لأية صيانة، كما أنه لا يشتمل على أية أجزاء تتعرض للبلى.

٦ - ٢ - ٨ التعليق بالنوابض التي تعمل هيدروليا مع الهواء المضغوط

وهنا أيضا يوحي الاسم بالمواد المستخدمة في صنع هذا النوع من التعليق بالنوابض. وفي التصميمات الشائعة من هذا النوع، تملأ أسطوانة عنصر النابض وكرته بسائل خاص وبنيتروجين (شكل ٢١٥ - ٢).



٢١٥ - ١ تعليق بنابض هيدرولي مرن . ويوجد هذا النوع من التعليق النابضي في مركبات المرتبة المتوسطة.

ويفصل غشاء مطاطي تام الإحكام بين المائعين في داخل الكرة، ويتلقى الكباس المنزلق في الأسطوانة، القوى المختلفة الآتية من ذراع الاهتزاز، وينقلها بدوره إلى السائل، ويعمل الغاز كنابض هواء مضغوط. وتتميز المجموعة بمرونتها العالية، التي تبدأ بالتناقص حالما يرتفع الضغط في عنصر نابض. ويمكن حدوث ارتفاع في الضغط عندما يسمح مصحح الارتفاع (شكل ٢١٥ - ٣) للسائل بالتدفق إلى عنصر النابض، ويعمل جهاز التنظيم هذا بحيث يبقى الخلوص الأرضي (ارتفاع جسم المركبة عن الأرض) ثابتا مهما تغير حمل المركبة. وبالإضافة إلى ذلك يمكن تنظيم كمية السائل، بواسطة رافعة اختيار عند مقعد السائق.

وتتسم المركبات التي تتعرض لها هنا بسمة خاصة، وهي هبوط (غطس) مؤخرتها عند الكبح. وفي هذه الحالة يؤخذ السائل من عناصر النابض للمحور الخلفي، للتأثير ضد الانتقال (الإزاحة) العادي لحمل المحور نحو الأمام. ويبقى مقدار قوة الكبح عند المحور الخلفي بالرغم من ذلك، متوقفا على حالة التحميل.

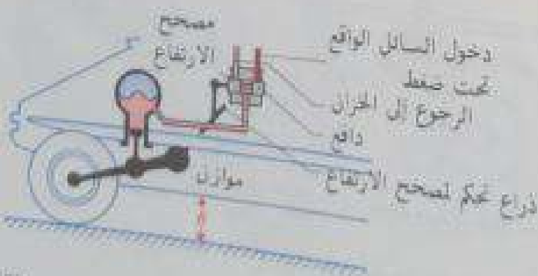
ومن الأشكال التصميمية الأخرى لهذا النوع من النوابض، تُعرف مجموعة بسيطة لا يستخدم فيها تنظيم مستوى الضغط بواسطة مصحح الارتفاع، وبالتالي فهي لا تحتوي على مضخة هيدرولية. ويرجى من تركيب نظم تعمل هيدروليا مع هواء مضغوط في الحافلات (مع مضخة ضغط عال)، إنقاص أعمال الصيانة والإصلاح.

٦ - ٢ - ٩ أنواع أخرى من التعليق بالنوابض

أ) نظرا لأن المواد المطاطية ذات خمد ذاتي عال ووزن قليل، ونابضية متزايدة المعدل (تصاعدية)، فإنها تعتبر دائما مادة صالحة لإنتاج العناصر النابضية. إلا أنه لم يصبح في الإمكان بعد استخدام المطاط وحده كمادة رئيسية لصنع نوابض المركبات المشتقة

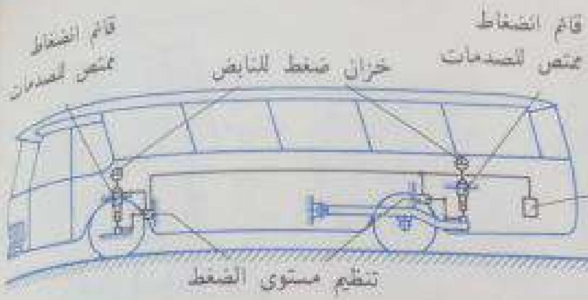


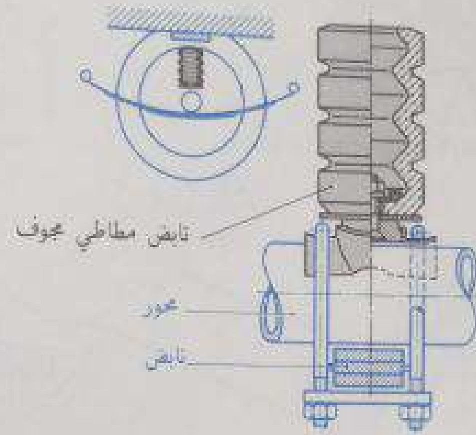
٢١٥ - ٢ رسم تخطيطي لتعليق نابض يعمل هيدروليا مع هواء مضغوط.



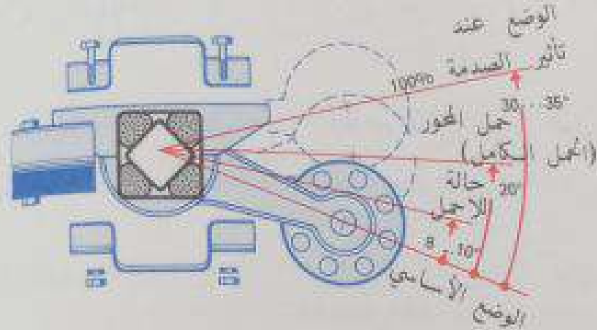
٢١٥ - ٣ مثال تخطيطي لطريقة عمل مصحح الارتفاع، حيث تقوم مجموعة روافع بنقل كل تغير في البعد B إلى كباس مصحح الارتفاع، ويعمل هذا الكباس كقرص تحكم. ويقوم المصحح بالسماح للسائل بالتدفق حسب الحاجة، من دائرة الضغط العالي، أو برجوع جزء منه. وينشأ عن ذلك ارتفاع أو انخفاض الضغط في عنصر النابض.

٢١٦ - ١ رسم تخطيطي لتعليق نابضي يعمل هيدروليا مع هواء مضغوط، مركب في حافلة. وتناظر هذه المجموعة، المجموعة الخاصة بسيارة ركوب الأشخاص من حيث المبدأ.





٢١٦ - ٢ نابض مطاطي مجوف. يؤدي الارتطام المتواصل للنابض بالإطار - الذي يحدث نتيجة الانضغاط الشديد - إلى تصلد النابض المطاطي، وبذا تنخفض مرونته.



٢١٦ - ٣ محور مزود بنابض مطاطي في مقطورة خفيفة، وهو مكون من مقطعين واجهين مربعين. وعند حركة العجلة صعودا وهبوطا يلف المقطع الداخلي ليدفع القضبان المطاطية المضغوطة في أركان المربع الكبير مغيرا لشكلها تغييرا مرنا.

بالمحركات. فالنابض المطاطي المجوف (شكل ٢١٦ - ٢) ليس سوى محدِّد لمدى حركة النابض دون قوة صد. وكمجال تطبيقي واسع، يستخدم هذا النابض في إنتاج المقطورات الخفيفة أحادية المحور. وتستخدم معظم الشركات محاور مزودة بنوابض مطاطية (شكل ٢١٦ - ٣).

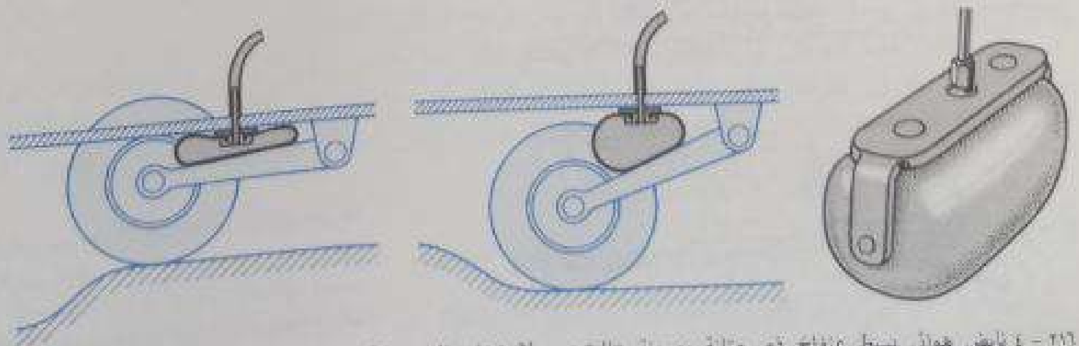
ب) هناك نابض هوائي يسمح بتنظيم مستوى الضغط، ويصلح للتقوية والتركيب اللاحق. فيملأ خزان الهواء بواسطة ضاغط أو مضخة أخرى، قد تكون في بعض الظروف الخاصة خارج المركبة، ولا تستعمل إلا في حالة الشحن فقط. ويزود النابض بالهواء من خزان الهواء بضغط ثابت. ويصلح هذا النوع من النوابض للتحميلات المختلفة، ويتطلب صيانة ضئيلة فقط، ويتميز برخص ثمنه (شكل ٢١٦ - ٤).

جـ) عند ضم نابض وممتص صدمات في وحدة واحدة، ينتج ما يعرف بإسم قائم انضغاط ممتص للصدمات(Shock Absorbing Strut). وعند تركيبه في المقدمة، يصلح في نفس الوقت كذلك لتعليق العجلة والتوجيه (قائم انضغاط ماكفرسون الممتص للصدمات). ولذا سيجري شرح تصميمه في البند ٦ - ٣.

٦ - ٢ - ١٠ ممتص الصدمات

تؤثر العوامل التالية على سلوك المركبة عند انضغاط النوابض وانفرادها:

- صلادة النوابض،
- ضغط الهواء في الإطارات،



٢١٦ - ٤ نابض هوائي بسيط بمنفاخ ذي متانة ومرونة عاليتين، ولا يحتاج إلى صيانة، ويعمل تحت كل الظروف الجوية.

- عرض الأثر (المسافة بين العجلات)، والبعد بين محوري العجلات الأمامي والخلفي،
- موضع مركز الثقل،
- توزيع كل من كتلتي التركيبة العلوية والحمولة.
- الكتل غير المعلقة بنوابض.
- إمكانيات الحركة المتوفرة لتعليق العجلة.

أما وظائف ممتص الصدمات فهي:

- العمل على سرعة تضاؤل اهتزازات جسم المركبة،
- انقاص اهتزازات الكتل غير المعلقة، وعلى الأخص العجلات، حتى لاينقطع اتصال مسار القوة المحركة مع طريق السير.

ويعد الشرط الأخير أحد العوامل الأساسية الواجب توافرها لكي تحافظ المركبة على استقرار اتجاهها وقدرة كبحها وأمان توجيهها. لايقلل ممتص الصدمات من الصدمات وإنما ينقص الاهتزازات. لذا وجب أن تكون تسميته الصحيحة هي ممتص الاهتزازات. ويرمي الهدف من استخدام ممتص الصدمات إلى تثبيت قيمة ذبذبة الاهتزازات التي تتعرض لها المركبة، عالية كانت أو منخفضة، سواء كان التحميل صغيراً أو كبيراً.

أنواع تصميمات ممتص الصدمات. بدأ التطوير بممتص الرقائق أو ممتص القص، وفيه وضعت أقراص احتكاك ذات ضغط سطحي متغير، في وصلة مفصلية ذات ذراعين. وكانت هذه الأقراص تؤثر بحيث تزداد صلادة النابض في كلا الاتجاهين نتيجة لهذا التأثير، وذلك على عكس ممتصات الصدمات التي طورت لاحقاً، والتي تعمل في اتجاه واحد فقط. وقد استخدم فيها شريط من نسيج خاص مشدود على سطح احتكاك بواسطة نابض حلزوني، ويلي ذلك الممتص الهيدرولي ذو الرافعة أحادي وثنائي التأثير. وكان من أهم عيوبه، الضغوط العالية السائدة فيه وقلة حجم السائل به وكبر وزنه. وقد تم استبداله تماما بالممتص الهيدرولي التلسكوبي.

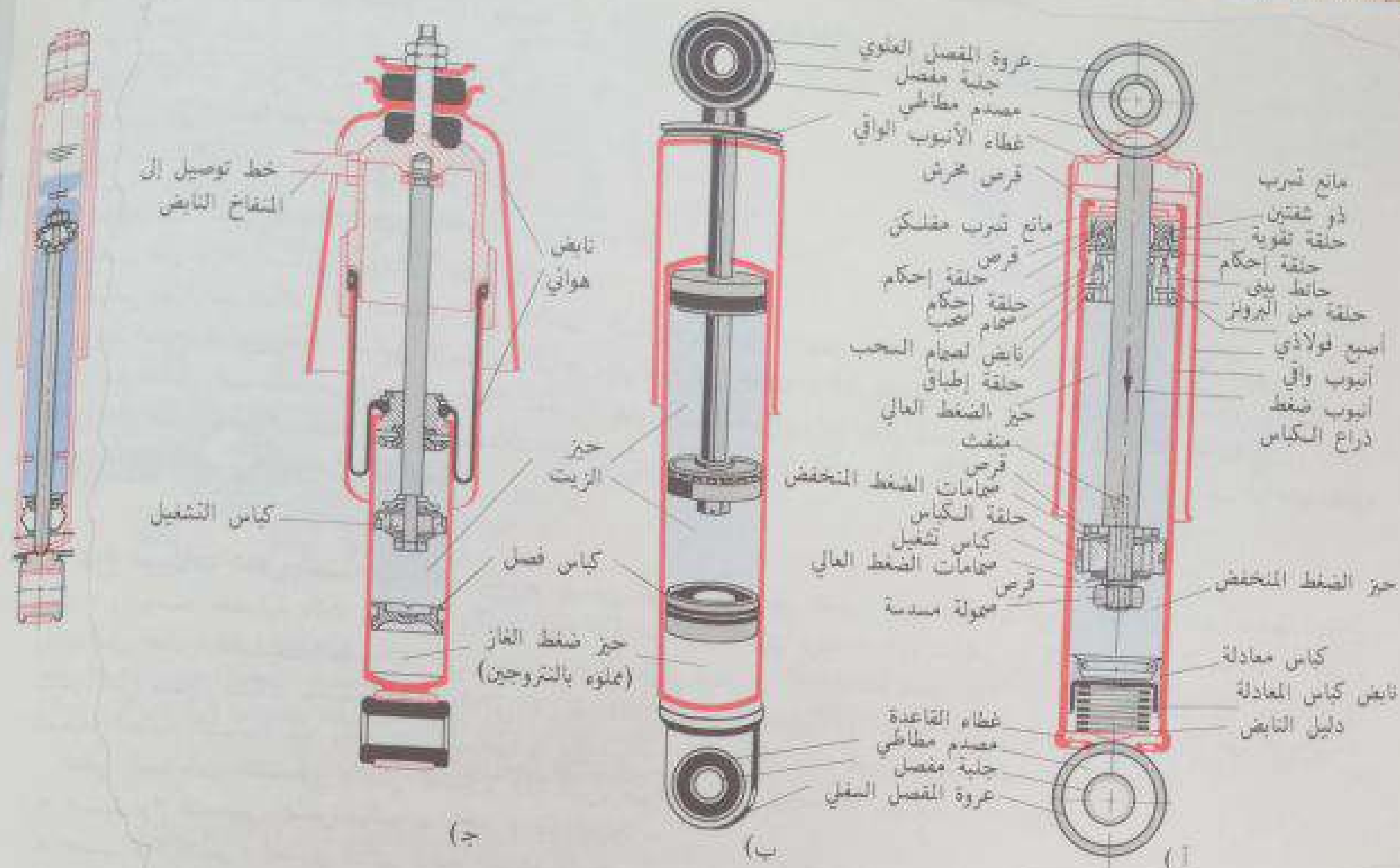
ممتص الصدمات التلسكوبي: يمكن تصنيف هذا النوع من ممتصات الصدمات تبعا لأسس متعددة:

- حسب نوع التصميم: ممتص ذوأنبوب واحد أو ذو أنبوبين.
- حسب نوع التأثير: أحادي التأثير (عند التباعد بالسحب)، أو مزدوج التأثير (عند الانضغاط أيضا).
- حسب الضبط: غير قابل للضبط - يضبط يدويا - يضبط تلقائيا على درجات، بحسب سرعة الصدمات أوالتحميل - متصل أحيانا بمنفاخ نابض هوائي.

وتبدو الممتصات التلسكوبية في ظاهرها كأجزاء تركيب بسيطة. ويجب ألا يستنتج من تشابه المظهر الخارجي عدم وجود تباين جوهري في تركيب هذه الممتصات الداخلي (شكل ٢١٧ - ٢ إلى ٢١٨ - ٢). فعلى سبيل المثال يعتبر جهاز الرفع الذاتي (Autolevator) عنصرا نابضا يعمل هيدروليا مع هواء مضغوط، أي أنه مركب من نابض وممتص للصدمات. وقد يكون بادرة لأنواع تعليق أكثر حداثة.

▲ ٢١٧ - ١ يؤدي الاحتكاك الخارجي - الناجم عن اهتزاز الكتلة في الزيت - إلى اضمحلال الاهتزاز في فترة زمنية أقصر. ولازالت الوظيفة الغالبة لممتص الصدمات التلسكوبي هي امتصاص الاهتزازات في المركبات.

◄ ٢١٧ - ٢ رسم تخطيطي لقطاع في ممتص صدمات ذي أنبوبين من النوع الذي لايمكن ضبطه. فبعد الاستعمال الطويل يئز الكباس وبالتالي يتسرب السائل بكمية زائدة عند جدار الأنبوبة الداخلية، فيضعف تأثير عمل الممتص.



٢١٨ – ١ ممتص صدمات أحادي الأنبوب.
أ) تصميم (تركيب) تقليدي.
ب) ممتص صدمات أحادي الأنبوب وهو ممتص صدمات يعمل بضغط الغاز. ويقوم كباس فصل بفصل سائل الممتص عن الغاز.
ج) جهاز رفع ذاتي يعمل بضغط الغاز عن طريق نابض هوائي، وهوعبارة عن عنصر تعليق هيدرولي يعمل بالضغط، ويمكن بواسطته الاستغناء عن التعليق بأكمله، بالإضافة إلى أمكانيات الضبط التي يتيحها جهاز الرفع الذاتي.

٢١٨ – ٢ ممتص صدمات أحادي الأنبوب: لايشتمل على كباس فصل بين السائل والغاز، وإنما يقوم قرص بمفرده بإعاقة المزج القوي بين المادتين، عندما يهبط الكباس فجأة. ويجب الانتباه إلى أن الأسطوانة الواقية مفتوحة إلى أعلى. لذا يجب تركيب ممتص الصدمات في هذا الوضع.

ممتص الصدمات مزدوج الأنبوب: لايزال هذا التصميم هو النوع شائع الاستخدام حتى يومنا هذا (شكل ٢١٧ – ٢) وفيه يولج أنبوب في آخر مختلف القطر. ويتزلق كباس في الأنبوب الأصغر. أما السائل فيوجد في الحيز الواقع بين الأنبوبين. ويقوم السائل بكبت حركة ذراع الكباس الذي يقترب منه. ويكون الحيز الحلقي المتبقي مملوءا بالهواء الذي لايتلقى غالبا أي ضغط مسبق أثناء التركيب (نظم بدون ضغط).

وفي ممتص الصدمات أحادي الأنبوب، يتزلق الكباس في أسطوانة سميكة الجدار مصنوعة بدقة عالية، ويفسح بذلك حيزاً لذراع الكباس المتحرك بحيث يمتلئ جزء من حيزه الداخلي بالغاز، الذي يفصل عن زيت ممص الصدمات بواسطة كباس. ويبلغ الضغط الزائد في حيز الغاز حوالي 25 bar، في حالة التباعد الكلي لممتص الصدمات وعند درجة حرارة 20°C.

ويمكن أن يرتفع الضغط في حالة الانضغاط وعند ارتفاع درجة الحرارة ليصل إلى أعلى قيمة له وهي 120 bar (شكل ٢١٨ – ١).

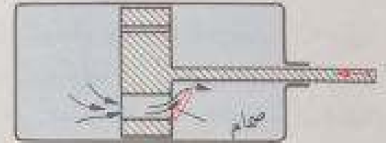
ولاتحتوي التصميمات الجديدة لهذا النوع من ممتصات الصدمات على كباسات فصل، وفي هذه الحالة تندفع ذراع الكباس إلى أسفل نتيجة لارتفاع الغاز في ممتص الصدمات إلى أعلى. أما فتحة الأنبوب القصير الواقي لذراع الكباس فتتجه إلى أعلى ويركب هذا النوع من ممتصات الصدمات بعكس وضع التركيب المألوف. وهذا ما يجب الانتباه إليه بصفة خاصة عند التركيب (شكل ٢١٨ – ٢).

طريقة العمل: عندما يتحرك كباس التشغيل المحاط بالسائل من جانبيه، يتعين على هذا السائل أن يمر من خلال تجاويف ضيقة أو صمامات. وتؤدي المقاومة العنيفة إلى تسخين سائل ممتص الصدمات، حتى تصل درجة الحرارة الذاتية لكل أجزاء ممتص الصدمات إلى حوالي 60°C عند التحميل العادي. ويمكن أن ترتفع هذه الدرجة إلى 90°C أو أكثر في أحوال خاصة. ويجب تبديد هذه الحرارة إلى الخارج عبر الأنابيب، ويتم هذا في ممتص الصدمات أحادي الأنبوب بشكل أفضل منه في ممتص الصدمات مزدوج الأنبوب. وتعادل زيادة الحيز الناشئة عن تمدد السائل في ممتص الصدمات أحادي الأنبوب بنفس الطريقة التي تعادل بها زيادة الحيز المتولدة عن الكباس الهابط. أما في ممتص الصدمات مزدوج الأنبوب فيتيح الصمام – المركب في القاعدة – للسائل أن يتسرب إلى الحيز الحلقي. وفي كثير من تصميمات ممتصات الصدمات، تنشأ مقاومة عند تباعدها بمسافة أكبر من تلك التي تنشأ عند انضغاطها، نظرا لتباين مقاطع فتحات التدفق في التجاويف وفي صمامات الكباس (شكل ٢١٩ – ١). ولا تعمل ممتصات الصدمات تحت الظروف القاسية بكفاءة جيدة، إلا إذا خلت من فقاقيع الهواء والبخار، والتي يقلل وجودها من فعالية ممتصات الصدمات.

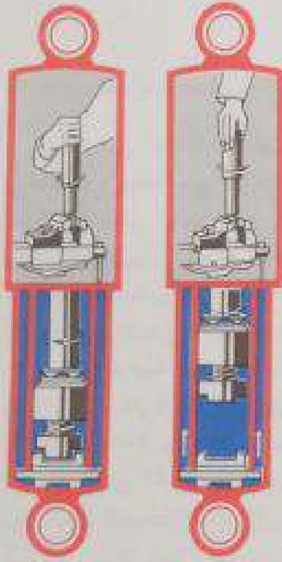
الصيانة والعناية : بالرغم من التصميم المغلق لممتص الصدمات، فإن هناك مجال لفحصه بالعين المجردة وهو مثبت بالمركبة. وبالتالي يمكن إجراء بعض الإصلاحات إن اقتضى الأمر ذلك :

اختبار ممتص الصدمات وهو على المركبة	اختبار ممتص الصدمات وهو مفكوك
التركيب الصحيح : عمودي أو مائل، يجب ألا يكون مركبا بشكل مقلوب وأن يكون أنبوب الوقاية مفتوحا إلى أعلى في ظروف معينة فقط.	لا يمكن الاختبار الدقيق إلا على مكنة اختبار ممتص الصدمات.
تثبيت العروات وذراع الكباس : يجب أن تكون الأجزاء المطاطية مضغوطة جيدا منعا لحدوث الضوضاء.	حالة الأجزاء المطاطية والجلب : يجب استبدال الأجزاء المسامية، وتغيير الجلب غير منتظمة الاستدارة ما أمكن.
إمكانية تحريك ممتص الصدمات : يجب الانتباه إلى مواضيع الصدم والبلى الناشئ عن الاحتكاك.	ذراع الكباس : يؤدي انحناء ذراع الكباس غالبا إلى نز مانع التسرب والدليل، وهذا يستلزم استبداله عادة.
سطح تماس الإطارات مع الطريق : يدل احتراف الإطارات (التشظف) إلى الخارج على وجود عطل في ممتص الصدمات.	إجراء عملية التباعد (الامتداد) والانضغاط بواسطة اليد : إن سحب وضغط كباس ممتص الصدمات يدويا لا يعطي سوى فكرة سطحية عن سلامة التشغيل، حيث أن سرعة الصدمات تبقى خارج الاعتبار لعدم إمكان التوصل إليها يدويا
تلوث ضئيل أو كبير بالزيت : تعتبر الآثار الضئيلة للزيت - الناجمة عن صغر المسام في ذراع الكباس - أمرا عاديا، بينما يمكن للفقد الكبير في الزيت بممتصات الصدمات الصغيرة أن يتعدى الاحتياطي ولذا يجب استبدالها.	يدل وجود شوط حر (بدون مقاومة) على فقد كبير لسائل ممتص الصدمات. ويستدعي ذلك استبدال ممتص الصدمات.
وجود نقر في الأنابيب : في هذه الحالة، يصبح ممتص الصدمات أحادي الأنبوب عادة غير صالح للعمل.	

وتورد ممتصات الصدمات القابلة للضبط يدويا (شكل ٢١٩ - ٢)، بضبط صحيح، سواء كانت جديدة أو مستبدلة. فإن ظهرت في البداية مقاومة كبيرة عند امتصاص الصدمات، كان ذلك ناتج عن ضيق أزواج مانعات التسرب مع ذراع الكباس. وبالتالي فإنها ستتخذ الأبعاد الصحيحة بعد السير لمدة معينة. ولا تتم عملية إعادة الضبط إلا بعد قطع مسافة تبلغ بضعة آلاف من الكيلومترات.



٢١٩ - ١ يؤدي تباين مقاطع التجاويف والصمامات في الكباس إلى إحداث قيم مختلفة للمقاومة عند الدخول (الانضغاط) والخروج (الامتداد)



٢١٩ - ٢ هكذا يعاد ضبط أنواع معينة من ممتصات الصدمات. تصبح فتحات التدفق أضيق نتيجة تدوير أجزاء التركيب الداخلية. وبذلك يعادل الفقد الناشئ عن نز الكباس، ويكون لممتص الصدمات المعاد ضبطه نفس فاعليته كما لو كان جديدا، ويجب أن تجرى عملية إعادة الضبط على جانبي المحور وبنفس المقدار.

الملخص :

- تشكل النوابض في المركبة الآلية وصلة الترابط بين العجلات وتعليق العجلات والمحاور من جهة، والمحرك والجسم والحمولة من جهة، أخرى.
- تحدث الصدمات الناشئة عن عدم استواء (وعورة) الطريق اهتزازات في كتل المركبة، سواء المعلقة منها بنوابض أو تلك غير المعلقة.
- يستخدم الفولاذ والغاز (هواء مضغوط) والسائل مع المطاط وكذلك السائل مع الغاز (نيتروجين) كمواد للنوابض. وفي حالات خاصة يستخدم المطاط وحده.
- لا يكفي التعليق في المركبات الآلية بنوابض دون ممتص صدمات إضافي. وهناك اتجاه وتفكير لدمج التعليق بالنوابض وممتصات الصدمات في وحدة واحدة. ويغلب في الوقت الحاضر تركيب ممتصات صدمات تلسكوبية.
- غالبا ما تستخدم ممتصات صدمات مزدوجة الأنبوب، بيد أنه يبدو أن ممتصات الصدمات أحادية الأنبوب ستحل محلها. ولكل من النظامين ميزات وعيوب من حيث ضغط التشغيل ودرجة الحرارة والتبريد وعدد القطع ... الخ. وتختلف الجهود المبذول في التصميم لتصل إلى صنع ممتصات صدمات قابلة للضبط.
- تعمل العناية والصيانة لكل من التعليق بالنوابض وممتصات الصدمات على رفع درجة الأمان عند تشغيل المركبة وتساعد على خفض تكاليف الصيانة.

أسئلة :

١ - أذكر وظائف التعليق بالنوابض للمركبة.
٢ - ماهي نظم التعليق بالنوابض التي يجري تركيبها غطيا؟
٣ - كيف تعامل النوابض الفولاذية عند تصنيعها؟
٤ - ماهي أنواع النوابض الفولاذية المستخدمة؟
٥ - صف واشرح المنحنيات الخصائصية للنوابض.
٦ - كيف يعمل النابض الهيدرولي المرن؟
٧ - إشرح طريقة عمل النوابض التي تعمل هيدروليا مع هواء مضغوط.
٨ - ما هي نظم النوابض الهوائية التي يجري تركيبها في المركبات؟
٩ - ما هي وظائف ممتص الصدمات؟
١٠ - ما هي الأسس التي يصنف ممتص الصدمات التلسكوبي وفقا لها؟
١١ - ماالذي يجب الانتباه إليه عند فحص ممتص الصدمات بالعين المجردة؟
١٢ - لماذا ترتفع درجة حرارة ممتص الصدمات أثناء السير؟
١٣ - في أي نوع من أنواع التعليق بالنوابض المعروفة يشكل ممتص الصدمات والنابض وحدة واحدة؟

٦ - ٣ تعليق العجلة

٦ - ٣ - ١ تعاريف أساسية :

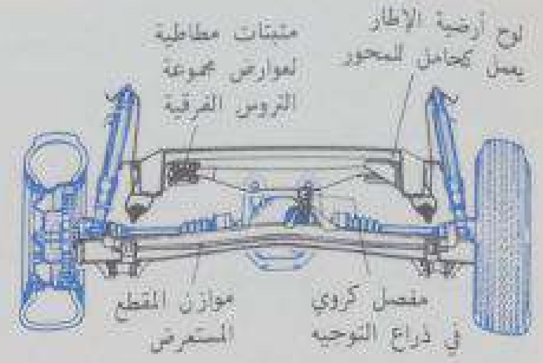
يتم تعليق العجلات على محاور. وغالبا ما يستخدم المحور الجاسئ في مركبات الخدمات العامة لتعليق العجلتين الأماميتين والخلفيتين، وهذا يعني أن العجلتين اليمنى واليسرى تتصلان اتصالا مباشرا ومستمرا. أما في عربات ركوب الأشخاص فيغلب استخدام التعليق المستقل للعجلات، وفي هذه الحالة تتحرك كل عجلة من العجلات الأربع على حدة، غير متأثرة بحركة العجلات الأخرى. ويمكن التوصل إلى التعليق المستقل باستخدام ذراع التوجيه المصنوع من ألواح معدنية مضغوطة أو من مواسير (أنابيب) أو من قطع مشكلة بالحدادة بالمطرقة الساقطة. ويكون ذراع التوجيه غالبا ذا شكل مثلثي. ويتم تعليق العجلة في أحد زوايا (أركان) المثلث. أماالزاويتان الأخريان فيتم تثبيتهما في جسم المركبة على محاور قابلة للدوران. وإذا كان محور الدوران هذا موازيا للمحور الطولي للمركبة سمي بذراع توجيه عرضي، أما إذا كان عموديا على اتجاه سير المركبة سمي بذراع توجيه طولي. وإذا كان محور الدوران في وضع مائل أطلق عليه إسم ذراع التوجيه المائل. وكما ذكر من قبل، تقوم أذرع التوجيه بتوجيه العجلة وهي تتلقى تأثير قوى طولية وعرضية. وتبين الأشكال الموضحة بالصفحات من ٢٢٢ حتى ٢٢٥ تصميمات مختلفة لأذرع التوجيه.

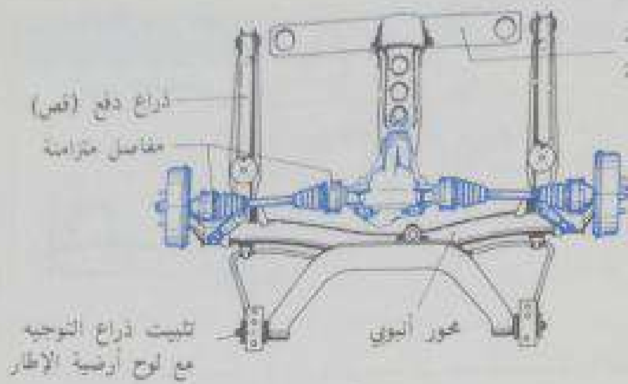
وعند تأثير الحمل على النوابض، يجب عدم تغير وضع العجلة أو أن يتغير بقدر قليل ما أمكن، نتيجة لوجود دليل تعليق العجلة. وقد تتخذ العجلتان الخلفيتان وضعا مائلا على هيئة حرف X، عندما تكون المركبة غير محملة.

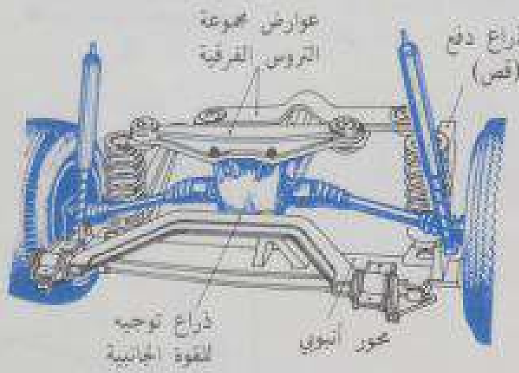
إن وضع المركبة على الطريق هو الأساس المحدد لسلوك سيرها. ويجب ألا تفقد عجلات المركبة ملامستها للطريق وكذلك أن تحافظ على اتجاه السير تحت كل ظروف التشغيل سواء عند السير في المنعطفات أو على الطرق المستقيمة أو في التسارع أو عند الكبح أو تحت تأثير الرياح الجانبية. ويتأثر وضع المركبة على الطريق بالعوامل التالية:

- طريقة تعليق العجلات
- وضع مركز الثقل (بدون تحميل وبتحميل)
- توزيع الأوزان على المحورين الأمامي والخلفي
- نوع التعليق بالنوابض
- الإطارات
- شكل التركيب العلوي أي جسم المركبة.

يتحدد ميل جسم المركبة أثناء سيرها في منعطف من خلال وضع **المركز الخطي**، الذي يطلق عليه أيضا أسماء أخرى، مثل مركز التدحرج أو مركز الدوران الخطي أو مركز الدوران الآني. ويتوقف ارتفاع المركز الخطي (يرمز له بالحرف M على الرسوم التخطيطية في الصفحات من ٢٢٢ إلى ٢٢٥) على نوع تصميم المحور، ويمثل هذا المركز النقطة التي تحاول المركبة الدوران حولها لتنقلب، أثناء سيرها في منعطف، تحت تأثير القوة الطاردة المركزية. ونظرا لاختلاف تصميم محاور الدوران الأمامية والخلفية للمركبة، يختلف ارتفاع المركز الخطي للمحور الأمامي عنه للمحور الخلفي. ويعرف الخط الواصل بين المركزين باسم محور التدحرج.







٢٢١ – ١ المحور الخلفي من طراز De-Dion. تمثل الأشكال أ و ب رسم شبه تخطيطي، ويمثل الشكل ح منظرا للمحور الكامل.
أ) نموذج غالي الثمن، يحتوي على مكبح قرصي ذي تهوية، وتجهيزة لضبط الارتفاع مندمجة مع ممتص الصدمات.
ب) نموذج ذو مكبح داري وممتصا صدمات عاديين.

وقد أدت الخبرات الجديدة في هذا المجال إلى التوصل إلى المعلومات التالية:
يؤدي انخفاض المركز المحطي إلى ميل جسم المركبة ميلا شديدا عند السير في المنعطفات. ويؤدي هذا بدوره إلى تغيير طفيف في تحميل العجلات، وبالتالي إلى توجيه جانبي أفضل للإطارات، وأخيرا إلى رفع درجة الأمان عند السير في المنعطفات.

ولا تشمل الأشكال المبينة على الصفحات من ٢٢٢ – حتى ٢٢٥ على كل الأنواع المتعددة للمحاور، إذ إن هناك تصميمات أخرى مختلفة ليس لها مجال استخدام حاليا، أو قد تظهر على فترات متباعدة في بعض طرازات المركبات، وتخضع دائما لإجراء تعديلات فيها.

ومن المحاور التي بطل استخدامها، المحور المعلق (العائم)، الموجود في مؤخرة المركبة الآلية. ويحتوي هذا النوع على نابض ورقي يتعامد في وضعه مع اتجاه السير وهو مثبت في المنتصف مع التركيبات العلوية للمركبة.
ويتم تعليق المحور الموجود تحت النابض في نهايتي النابض الورقي بحيث يقع مركز ثقل المركبة ومواضع التعليق نفسها على ارتفاع واحد. وبذلك يمكن الحيلولة دون ميل المركبة أثناء السير في المنعطفات
ونظرا لكبر تغير تحميل العجلات فإن هذا التصميم لايسمح بالسير بسرعات كبيرة في المنعطفات.

ويعتبر المحور الخلفي من طراز De-Dion (شكل ٢٢١ – ١) من التصميات نادرة الاستخدام في سيارات ركوب الأشخاص. وتوجه فيه العجلات بواسطة أذرع دفع في الاتجاه الطولي وبواسطة محور خفيف على شكل أنبوب في الاتجاه العمودي على اتجاه السير. وتنتقل القوى الجانبية بواسطة هذا الأنبوب إلى ذراع توجيه ذي مفصل كروي مثبت مع لوح أرضية الإطار. ويوجد في الواقع محور جانبي فصلت عنه مجموعة التروس الفرقية بقصد تقليل الكتل غير المعلقة تعليقا نابضيا. وبهذا أيضا يتم فصل الوظيفتين الأساسيتين للمحور الخلفي عن بعضها، وهما الجر والتحميل.

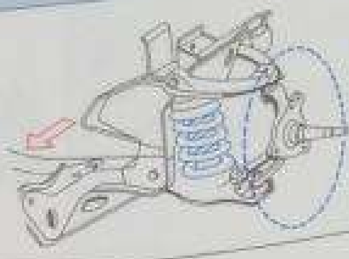
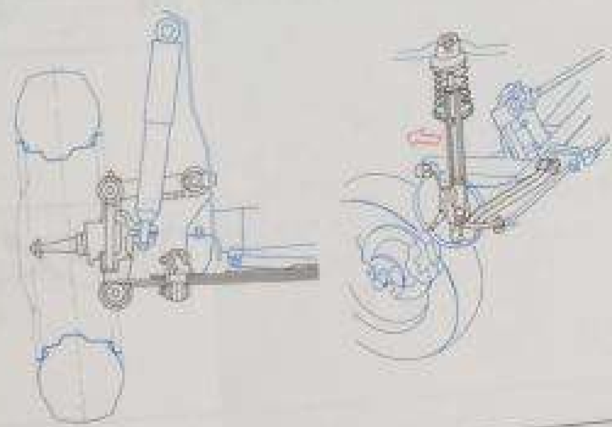
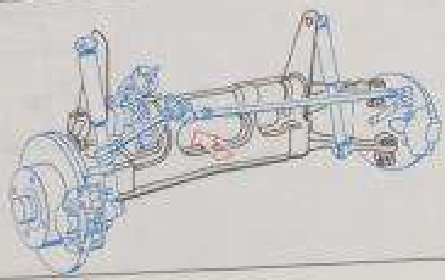
ويجب مراعاة أن بعض التصميات التالي استعراضها يطلق عليه أسماء دارجة مختلفة عما ذكر. فمثلا يطلق إسم محور البانجو على المحور الجاسئ الذي يشبه شكله آلة البانجو الموسيقية. ونذكر في هذا المجال أيضا المحور على شكل القمع.

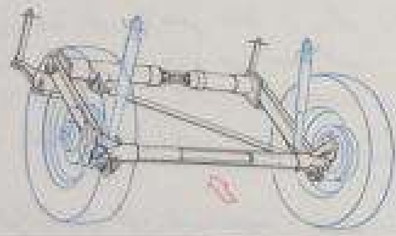
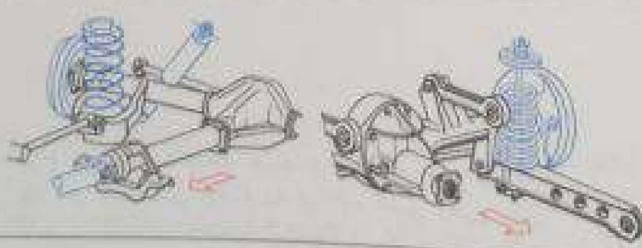
٦ - ٢ - ٢ الأنواع الشائعة لتعليق العجلات الأمامية في سيارات ركوب الأشخاص

الرسم التخطيطي	التسمية	الخصائص	المزايا
	ذراع توجيه عرضي مزدوج	تعليق مستقل للعجلات ، وفي المنظر الأمامي يتضح ذراعا التوجيه العموديان على اتجاه السير ، اللذان يحتويان على العجلة فيما بينهما ، على شكل متكامل تقريبا لشبه منحرف .	يكون التركيب على ارتفاع منخفض ملائما للاستعمال في الأشكال الانسيابية - تعطي الأطوال المختلفة لذراعي التوجيه تغيرات مختلفة ، ولو أنها طفيفة بالنسبة لتغيرات الأثر وتغيرات ميل العجلات الأمامية .
	نماذج أخرى من ذراع التوجيه العرضي المزدوج :		
	أ) ذراع توجيه عرضي ذو نابض ورقي	ذراع توجيه عرضي ونابض ورقي يقودان العجلة سويا (يثبت النابض إما إلى أعلى أو إلى أسفل) .	قلة تكاليف تنفيذ التصميم - بُعد نقطة تعليق النابض تجعل تأثيره كتأثير الموازن.
	ب) ذراع توجيه عرضي ذو نابض من طراز ماك فرسون أي قائم انضغاط ممتص للصدمات ، بالإضافة إلى ذراع توجيه عرضي بسيط	تجميع النابض وممتص الصدمات والصرة وأجزاء التوجيه في وحدة واحدة ، هي قائم انضغاط ممتص للصدمات ، بالإضافة إلى ذراع توجيه عرضي بسيط .	تغير طفيف في كل من الأثر وميل العجلات الأمامية . تقل القوى المؤثرة على كل من المجموعة العليا للتعليق وذراع التوجيه ، كلما زاد البعد بينهما .
	محور مرفقي مزدوج (ذراع توجيه طولي مزدوج)	ذراعا توجيه طولي واقعان فوق بعضهما ، وكثيرا ما يؤثر هذان الذراعان في قضبان الدوران المركبة في التصميم (تكون غالبا كوحدة تصميم واحدة) .	لا يحدث - تحت تأثير النابض - أي تغير في كل من التراوح الميلي (الكاستر) وميل العجلات الأمامية والأثر ، يمكن تجميع هذه التركيبة وضبطها خارج هيكل السيارة.

٦ - ٢ - ٣ تعليقات العجلات الخلفية المستخدمة عادة في سيارات ركوب الأشخاص

	المحور الجاسئ	يكون كل من مبيت مجموعة التروس الفرقية مع أعمدة إدارة المحور الخلفي جزءا واحدا من الناحية التصميمية .	تبقى قيمة الأثر ثابتة - بلى الإطارات قليل - رخص تكاليف الإنتاج - لا يتغير ميل العجلات الأمامية عند ميل جسم السيارة أثناء السير في المنعطفات. ولهذا يكون التوجيه الجانبي جيدا .
	نماذج أخرى من المحور الجاسئ :		
	أ) محور عمود المنتصف	يرتكز على جسم السيارة عن طريق مفصل مركزي .	تنخفض مؤخرة السيارة عند الكبح ،
	ب) محور بذراعي تثبيت	يقع كل من ذراعي الشد والدفع في الاتجاه الطولي لجسم السيارة.	لا تتأثر النوابض بقوى الدفع (السير) وقوى الكبح ، ويكون الهبوط طفيفا عند الكبح .
	محور بندولي مزدوج المفصل	يحتوي على نقطتي دوران عند طرفي مجموعة التروس الفرقية . وتعمل هاتان النقطتان كمفصلين لنصفي المحور .	يعتبر أرخص تصميم لمحاور الإدارة ذات التعليق المستقل .

	شكل التصميم
كثرة النقط المفصلية التي تقع تحت تأثير النابض وممتص الصدمات، تنتج نماذج ذات عزل الضوضاء، ولا تحتاج إلى عناية - تتطلب الأذرع القصيرة قوى كبيرة مما يستلزم تصميما متينا.	
تكون النوابض الورقية العرضية ذات تجاوب (تأثير) قاس، في البداية، ويمكن أن يتحسن هذا عند التحميل. تنقل القوى إلى التركيبات العلوية بالسيارة مما قد يتطلب تصميما قويا، ويصبح عزل الضوضاء أكثر صعوبة. وتحول ارتفاع التصميم دون استخدام أوقية الوصل (الرفارف) الممتدة إلى أسفل.	
تحتاج إلى حيز كبير - وحدة المحاور باهظة التكاليف - هبوط مقدمة السيارة عند تشغيل الفرملة - يتغير وضع العجلة تحت تأثير النابض.	

ذو وزن ثقيل وتأثير متبادل بين العجلات عند تأثر إحدى العجلات بالنابض. يميل المحور إلى الزحزحة عند السير فوق طريق ذي موجات عرضية مما يقلل من قوة التصاق الإطارات بسطح الطريق.	
بنية المحور ذو ذراعي التثبيت، مما يجعله يشترك معه في عيوبه، علاوة على تعقيد التركيب، يرفع ثقل وزن المحور من نسبة الكتلة غير المحملة على نوابض.	
تغير كبير في الأثر وميل العجلات الأمامية، إلى جانب معدل استهلاك مرتفع للإطارات وضعف الالتصاق بالطريق.	

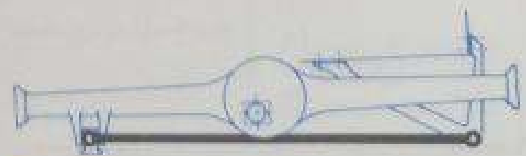
الرسم التخطيطي	التسمية	الخصائص	المزايا
	محور بتدولي أحادي المفصل	له نقطة دوران واحدة في منتصف السيارة، وتكون مجموعة التروس الفرقية مثبتة مع أحد نصفي المحور.	يتحسن رسوخ السيارة أثناء السير في المنعطفات نتيجة لطول ذراع التأرجح. ويقل التغير في كل من الأثر وميل العجلات الأمامية عند تحرك النابض.
	ذراع التوجيه الطولي (يسمى أحيانا المحور المرفقي)	ذراع توجيه مشدود وموضوع في اتجاه السير، وهو ذو محور دوران عمودي على اتجاه السير.	تهبط مؤخرة السيارة عند تشغيل الفرملة - يحتاج إلى حيز صغير - لا يحدث تغير في الأثر وميل العجلات الأمامية.
	ذراع توجيه مائل بدون معادلة في طول أعمدة الإدارة	يكون محورا الدوران لذراعي التوجيه مائلين، ويوجد به مفصلا إدارة	تكاليف الصنع أقل من مثيلتها في ذراع التوجيه المائل المعادل في الطول - هبوط طفيف في المؤخرة عند تشغيل المكبح.
	ذراع توجيه مائل ذو معادلة في طول أعمدة الإدارة.	تكون مجموعة التروس الفرقية مثبتة على جسم السيارة - به أعمدة إدارة ذات مفصلين وأذرع توجيه مستقلة.	تكون زاوية الميل (camber) للعجلات غالبا سالبة. ولا يحدث ذلك إلا عند تأثير الحمل على النوابض. يعتبر من أفضل التصميمات الحالية من ناحية تقنية القيادة. يحدث به تغير طفيف جداً في الأثر.

٦ - ٣ - ٤ الأجزاء المساعدة لتعليق العجلات بسيارات ركوب الأشخاص

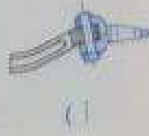
الموازن: يتكون الموازن في التصميمات العادية من قضيب التوائي نابض محني الطرفين بزاوية. ويمتد هذا النابض في حالة التعليق المستقل على عرض السيارة من عجلة إلى أخرى، ويكون محملا في جزئه الأوسط على جسم السيارة بطريقة تسمح له بالدوران. ولا يقتصر تركيب الموازن عند المحور الأمامي فقط بل يركب أيضا عند المحور الخلفي.

والوظيفة الأساسية للموازن هي تقليل ميل جسم السيارة أثناء السير في منعطف. وطبقا لشكل وطريقة تركيب الموازن في السيارة، فإن تأثيره لا يظهر إلا إذا حدثت حركة من ناحية واحدة نتيجة لنبض إحدى العجلات. فيقابل الموازن هذه الحركة بحركة معاكسة. ويمكن التعرف عليه بالشكل الخاص بالمحور الخلفي ذي ذراع التوجيه المائل وغير المعادل في الطول في الأشكال التوضيحية الموضحة عاليه.

ويبين الشكلان التوضيحيان لمحور عمود المنتصف والمحور ذي ذراعي التثبيت وجود جزء مساعد آخر هو ذراع بان هارد الموضح في شكل (٢٢٤ - ١). وهو عبارة عن ذراع توصيل يستعمل في حالة المحور الجاسئ، ويكون محملا عند نهايتيه تحميلا يسمح له بالحركة.



٢٢٤ - ١ ذراع بان هارد (Panhard) مثبت في وضع عرضي على اتجاه السير. وقد كان يثبت حتى أونة قريبة في اتجاه قطري (قارن بشكل المحور الجاسئ في الأشكال التوضيحية السابقة).





٢٢٤ - ٢ شكل النهايات
أ) محور أبتر
ب) محور متشعب (شعبة)

أ) ب)

العيوب	شكل التصميم
له نفس عيوب المحور البندولي مزدوج المفصل ولكن بدرجة أخف.	
تغير طفيف في وضع العجلات عند النبض. ويصبح المركز الخطي - الذي يقع في مستوى سطح الطريق - ميلا كبيرا أثناء السير في منعطف.	
تغير كبير في الأثر عند النبض، يؤدي إلى ارتفاع معدل استهلاك الإطارات - ميل طفيف إلى التوجيه الزائد.	
تكاليف تصنيع مرتفعة نتيجة المعادلة في طول أعمدة الإدارة.	

ومهمة هذا الذراع هي تلقي القوى المستعرضة المؤثرة عند موضعي التحميل، ونقلها إلى جسم السيارة. ويحدث تخفيف القوى الواقعة على مفاصل أذرع التوجيه الطولية تحت تأثير الاجهادات المذكورة، بحيث لا تحتاج إلا لنقل القوى الطولية فقط.

والجدير بالذكر أن الاسم الذي يطلق على هذا الجزء هو اسم خاص بإحدى شركات السيارات الفرنسية القديمة التي اندمجت مؤخرا مع شركة أخرى.

٦ - ٣ - ٥ تعليق العجلات في سيارات الخدمات العامة

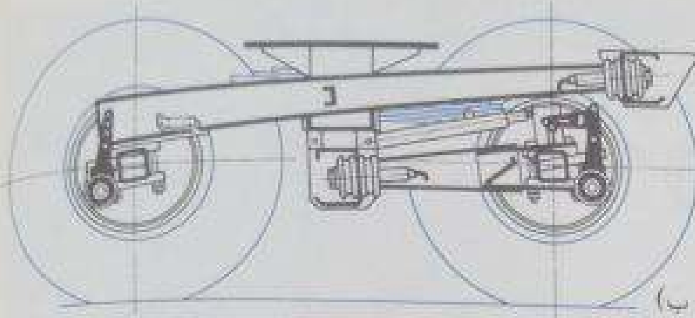
المحور الأمامي: يستخدم فيه المحور الجاسئ ذي مقطع على شكل حرف I بكثرة. ويصمم الجزء المتوسط بشكل معقوف إلى أسفل، لخفض ارتفاع مركز ثقل جسم السيارة الكلي. ويحمل هذا الجزء ألواح تثبيت النوابض. وطبقا لطريقة تصميم نهايات المحور ينقسم هذا النوع إلى:

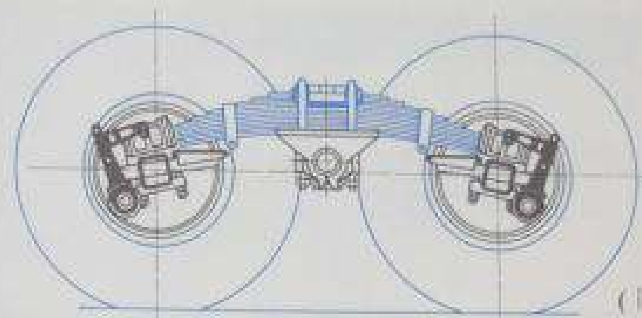
- محور أبتر
- محور متشعب

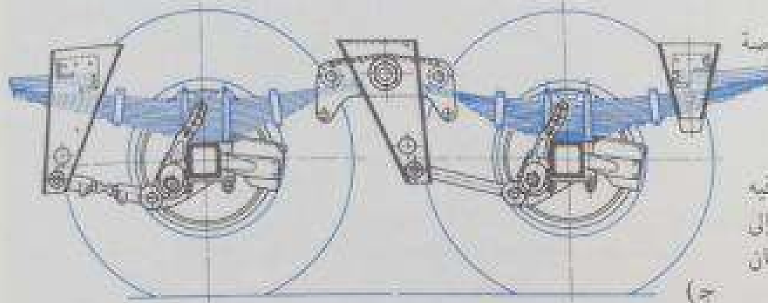
يستخدم النوع الأول، أي المحور الأبتر بكثرة نظرا لقلة تكاليف تصنيعه بالتشكيل بالحدادة بالطرقة الساقطة. ويرفع التصليد والتطبيع اللاحق وكذلك شكل المقطع من مقاومة المحور ضد اللي والحني.

ويوجد في التصميمات الثقيلة القوية - وعلى الأخص في الحافلات - محور أمامي ذو ذراعي توجيه عرضيين مزدوجين. وقد سبق الاشارة إليه في الرسوم التوضيحية السابقة.

المحور الخلفي: يستخدم المحور الخلفي كمحور إدارة (جر) في سيارات الخدمات العامة دون استثناء تقريبا، ولو أنه أحيانا لا يكون محور الإدارة (الجر) الوحيد في السيارة. ولا يندر وجود سيارات الإدارة بجميع العجلات، التي تحتوي على أكثر من محورين.







٢٢٦ – ١ ثلاثة من التصميات الشائعة والمستخدمة في المحاور الخاصة بسيارات الخدمات العامة وهي:
أ) محور مزدوج بسيط.
ب) جهاز توجيه الأثر
ج) جهاز المحور المزدوج لوسائل النقل الثقيلة. وغالبا ما يكون فيه المحور مع النوابض والفرامل والعجلات وحدة متكاملة. ويحتاج إلى أجزاء إضافية كثيرة في التصميات المزدوجة، عندما تكون اثنتان من العجلات الأربع قابلة للتوجيه (تصميم شكل ب).

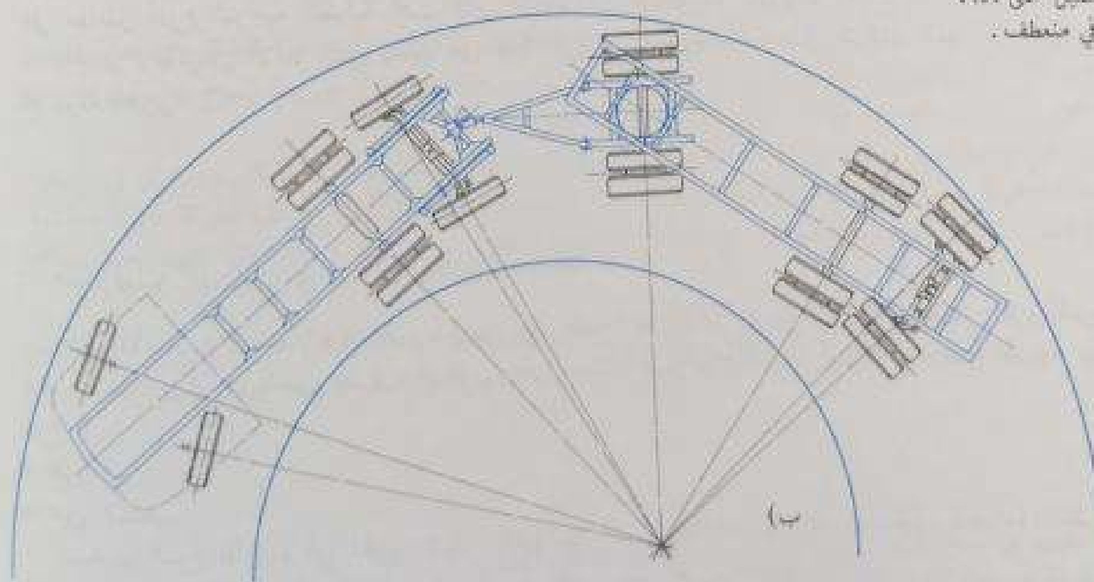
إن التعليمات المعمول بها حاليا في دول السوق الأوربية بالنسبة لوسيلة النقل المسماة «قطار الشحن الأوروبي» – والذي يبلغ وزنه الكلي المسموح به 38 t – تحتم بناء قاطرات ذات محاور متعددة، فضلا عن المقطورة ثلاثية المحاور التي اكتسبت أهمية جديدة.

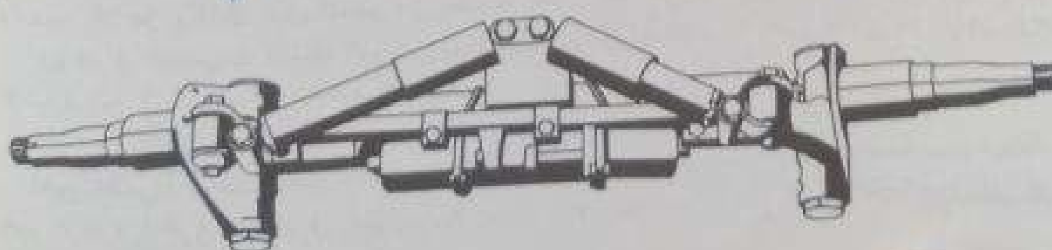
وبمقارنة التصميات المتعددة ببعضها، نجد أن هناك فروقا متعددة. ويمكن تصنيف هذه التصميات في مجموعات كالتالي:

- محور جانبي مدار (مقود)، ويوجد أحيانا مع تروس تخفيض السرعة في مبيت واحد (في الجرارات Tc=Tractor).
- محاور غير مدارة (ثابتة) وكذلك محاور مزدوجة (في المقطورات Tl=Trailer)
- محور مدار (مقود) بمحور خلفي غير قابل للتوجيه أي محور خلفي مزدوج (Tc)
- محور مدار (مقود) بمحور خلفي قابل للتوجيه (Tc)
- محور مدار (مقود) بمحور خلفي ذي ضبط ذاتي للأثر (Tc و Tl)
- محور مدار (مقود) بمحور خلفي قابل للرفع (Tc). وكذلك تصميات أخرى مختلفة (شكل ٢٢٦ – ١).

وليس هناك من شك في أن التصميات الحديثة هي من نوع المحور ذي الضبط الذاتي للأثر وكذلك المحور القابل للرفع. وتنتج هذه الأنواع من المحاور لتكون ملائمة للأحمال بين 4,5 t و 10 t. ويمكن استخدامها أو تركيبها اللاحق في شاحنة من أي طراز أو من أي سنة صنع.

٢٢٦ – ٢ المحور الخلفي ذو الضبط الذاتي للأثر
أ) مجموعة محور خلفي لقدرة تحميل حتى 10 t.
ب) وضع العجلات أثناء السير في منعطف.





وتعمل العجلات المثبتة على هذا النوع من المحاور على مواءمة نفسها للأثر في كل وضع أثناء السير في المنعطفات، بحيث تختفي عملية الحك التي تؤدي إلى زيادة بلى الإطارات في محاور الجر الجاسئة. ولتجنب حدوث انحراف غير متحكم فيه للسيارة أثناء الرجوع للخلف، يتم وقف حركة المحور من غرفة السائق. علاوة على ذلك يمكن استخدام الهواء المضغوط المستخدم في الفرملة، لتشغيل جهاز رفع يقوم برفع العجلات لمسافة تتراوح بين 200 mm و 300 mm عن سطح الأرض. وبذا يمكن للشاحنة استخدام محور واحد أثناء السير بدون حمل، مما يطيل من عمر الإطارات (شكل ٢٢٦ – ٢).

الملخص:

- تستخدم سيارات ركوب الأشخاص الحديثة نظام التعليق المستقل للعجلات.
- تستخدم ذراع التوجيه العرضي المزدوجة وذراع التوجيه العرضي ذات قائم الانضغاط الممتص للصدمات ماك فرسون بكثرة في تعليق عجلات المحور الأمامي.
- تعطي ذراع التوجيه المائلة والمعادلة الطول في المحور الخلفي أفضل وضع ممكن على الطريق.
- تعتمد السرعة التي يمكن السير بها في المنعطفات على وضع المركز الخطي.
- يعمل كل من الموازن وذراع بان هارد على تدعيم توجيه العجلات.
- تتعدد أنواع المحاور المستخدمة في سيارات الخدمات العامة، وتتطلب من ميكانيكي المركبات الآلية معرفة فنية خاصة.

أسئلة:

١ – ما هي أشكال أذرع التوجيه؟
٢ – ما هي العوامل التي تتحكم في جودة وضع السيارة على الطريق؟
٣ – المطلوب تعريف المقصود بتعبير المركز الخطي.
٤ – ما هي أنواع تعليق العجلات شائعة الاستعمال في المحاور الأمامية لسيارات ركوب الأشخاص؟
٥ – أذكر مزايا قائم الانضغاط الممتص للصدمات من طراز ماك فرسون.
٦ – في أي شكل معدّل يستخدم المحور الجاسئ في السيارات الحديثة؟
٧ – ما هو أحسن طراز لتعليق العجلات في المحور الخلفي من الناحية التصميمية؟
٨ – ما هي الأجزاء المساعدة الخاصة بتعليق العجلات وما هي وظائفها؟
٩ – أذكر الأنواع المختلفة لتصميم المحور الخلفي للشاحنات؟

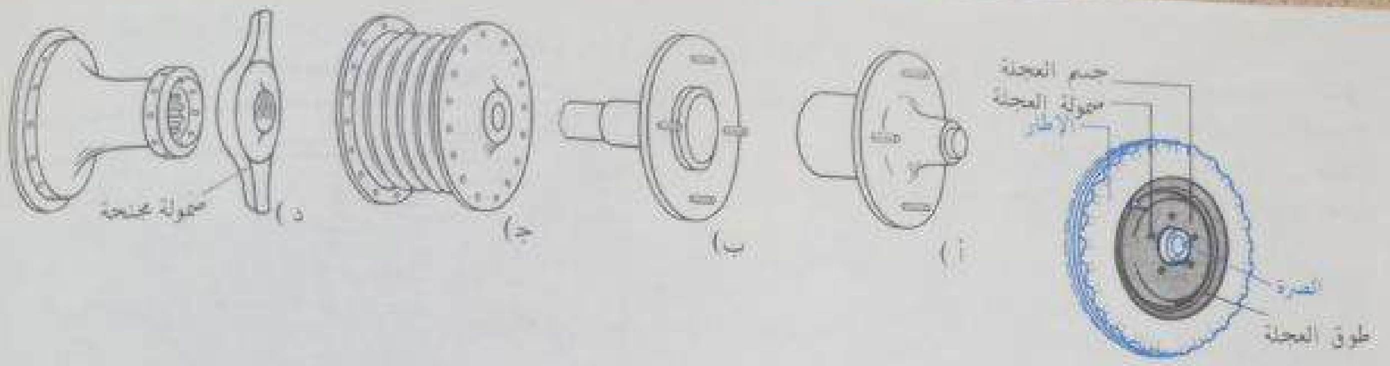
٦ – ٤ – العجلات والإطارات

يرجع استخدام العجلات في النقل وكوسيلة انتقال إلى أكثر من ستة آلاف عام خلت. ويبلغ مقدار احتكاك التدحرج الذي يجب التغلب عليه حوالي عُشر احتكاك الانزلاق المناظر. ويمكن تقليل الاحتكاك الناشئ في محامل الدوران بدرجة كبيرة، باستخدام المحامل الأسطوانية، طبقا لأحدث الوسائل الفنية. أما مقاومة السير فتكون كبيرة نسبيا، علاوة على أنها متغيرة، وتعتمد على حالة الطريق أكثر من اعتمادها على العجلة نفسها.

٦ – ٤ – ١ عجلات المركبات الآلية

تتلقى كل عجلة مجموعة قوى تؤثر في ثلاثة اتجاهات مختلفة وهي:

- القوى المؤثرة رأسيا (الوزن الذاتي وصدمات الطريق)
- قوى التوجيه الجانبية (الحفاظ على الأثر والسير في المنعطفات)
- القوى المحيطية (القوى الطاردة المركزية وقوى الإدارة (الجر) وقوى الكبح)



▲ ٢٢٨ - ١ الأجزاء المكونة لعجلة قرصية من جزء واحد.

▲ ٢٢٨ - ٢ أشكال الصرر

أ) صرة ذات شفة تستخدم في سيارات ركوب الأشخاص في العجلات الأمامية. تحمل الصرة على مرتكز المحور الأبتر (البز الرئيسي للمحور الأمامي). وتثبت دارة الفرملة مع جسم العجلة باستخدام صواميل العجلة أو المسامير ذات الكتف المخروطي أو الكروي، لضمان مركزة العجلة.

ب) الصرة المستخدمة في العجلة الخلفية لسيارات ركوب الأشخاص. يزود عمود الإدارة في نهايته بشفة يثبت عليها كل من الفرملة وجسم العجلة تثبيتا مركزيا.

جـ) صرة عجلة دراجة نارية. يتصل سطح الأسطوانة الداخلي بالصرة المصنوعة من المعدن الخفيف (صب مركب) اتصالا داخليا. وتحمل الصرة زعانف تبريد تساعد على تبديد الحرارة الناتجة عن الكبح.

د) الصرة المسننة لسيارة سباق. يعشق التسنين الداخلي الموجود في الصرة مع تسنين خارجي مماثل في عمود الإدارة. وتتم المركزة بواسطة كتف مخروطي واقع في الخارج. وتثبت العجلة بصمولة مجنحة لها مخروط ربط مقابل (مغلق مركزي). تتصل الصرة في هذا التنظيم بالطوق بواسطة أسلاك شعاعية.

وعلاوة على هذه القوى فهناك أيضا الحرارة المتولدة عن احتكاك دارة الفرملة أو قرص الفرملة أثناء الكبح. ويجب تبديد هذه الحرارة عن طريق أجزاء العجلة، إذا لم يكن تيار الهواء كافيا تماما أو يكفي جزئيا فقط لخفض درجة الحرارة.

أجزاء العجلة (شكل ٢٢٨ - ١) : تتركب العجلة من الأجزاء التالية :

- صرة العجلة الخاصة بتحمل دوران العجلة
- جسم العجلة الذي يربط الصرة مع طوق العجلة.
- طوق العجلة (الحائط) الذي يستخدم لتثبيت الإطار حوله

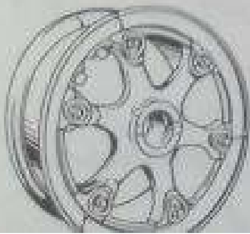
وتختلف أنواع الصرة (شكل ٢٢٨ - ٢) باختلاف مجال استخدام المركبة الآلية. فتستخدم في المركبات الآلية الخفيفة، الصرة ذات الشفة، أما في الدراجات النارية، فنجد أن الصرة ودارة الفرملة عبارة عن جزء واحد. وتستخدم الصرة المسننة ذات المغلق المركزي في السيارات الرياضية وسيارات السباق. وتمتاز هذه الصرة بإمكانية تغيير العجلات في زمن قصير.

ومن ناحية أخرى تجد أن مركز العجلة ذات القضبان الشعاعية (العجلة ذات البرامق) يختلف جوهريا عن الأنواع سالفة الذكر. فتتكون الصرة والقضبان الشعاعية (البرامق) من قطعة صب واحدة، تكون مع نوع خاص من الأطواق عجلة التريلكس، التي تستخدم في الشاحنات والمركبات الثقيلة (شكل ٢٢٨ - ٤).

أنواع أجسام العجلات : ومنها العجلة القرصية (شكل ٢٢٨ - ٣) التي تستخدم في سيارات ركوب الأشخاص وسيارات الخدمات العامة الخفيفة. يتكون جسم العجلة من قرص من الفولاذ أو المعدن الخفيف، يشكل بالكبس ويتم لحامه مع طوق العجلة. ويأخذ القرص عادة شكل الطبق (تقعير قرص العجلة). ويحتوي على نتوءات لزيادة تقوية الجسم. ويزود القرص بثقوب أو بثقوب لتهوية دارة الفرملة (العجلة القرصية المصمتة - العجلة القرصية ذات الثقوب - العجلة القرصية ذات الثقوب). وتتميز العجلة القرصية بخفة وزنها وثباتها ورسوخها. وهي ذات تبديد (تصريف) جيد لحرارة الكبح كما يمكن تنظيفها بسهولة.
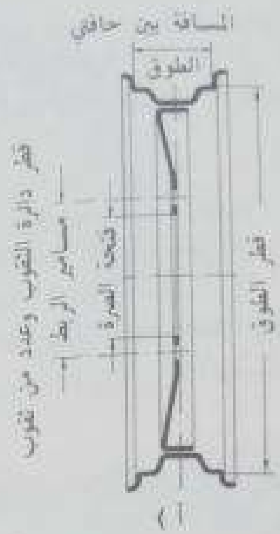
تستخدم العجلة ذات الأسلاك الشعاعية في السيارات الرياضية والدراجات النارية. وتتميز هذا النوع من العجلات بخفة وزنه ومرونته وجودة تهويته. أما عيوبه فتنحصر في ارتفاع تكاليفه وصعوبة تنظيفه وانخفاض قدرته على تبديد الحرارة.

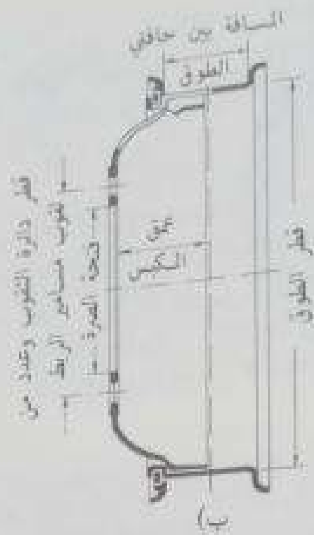




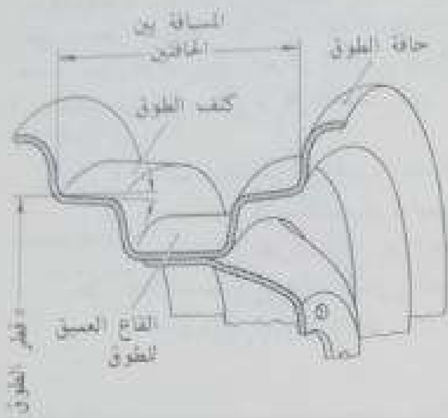
▶ ٢٢٨ - ٣ نموذج يستخدم بكثرة لعجلة قرصية ذات ثقوب.

◀ ٢٢٨ - ٤ عجلة ذات قضبان شعاعية (برامق) من الفولاذ خاصة بشاحنة، وتتميز بارتباط الصرة مع جسم العجلة - وهو التصميم الشائع. ويوجد فوق القضبان الشعاعية (البرامق) طوق العجلة المكون من ثلاث قطع (تريلكس).





٢٢٩ - ١ تسمية أبعاد طوق العجلة



٢٢٩ - ٢ طوق عجلة ذو قاع عميق مكون من جزء واحد. وتبلغ زاوية ميل الكتف °٥. ويخصص هذا الطراز لسيارات ركوب الأشخاص حيث يسهل قاع الطوق العميق عملية تركيب الإطار. وهناك نوع مشابه لهذا النوع من الأطواق، يستعمل في سيارات الخدمات العامة. وتبلغ زاوية ميل الكتف فيه °١٥.

أما العجلات ذات القضبان الشعاعية (البرامق) الفولاذية، فتستخدم كما ذكرنا من قبل في سيارات الخدمات العامة الثقيلة (شكل ٢٢٨ - ٤). ويتم تثبيت طوق العجلة - المكون من ثلاثة أجزاء، أو طوق العجلة الحلقي - على القضبان الشعاعية (البرامق) بواسطة مسامير وقامطات تثبيت خاصة. ويتميز هذا النوع من العجلات بمتانته وجودة إمكانية تهويته.

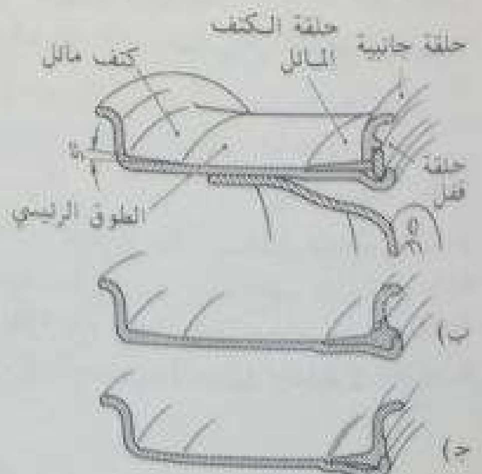
أنواع أطواق العجلات (شكل ٢٢٩ - ١ إلى ٣): تثبت شفة الإطار ويضبط تمركزها على كتف طوق العجلة - الذي يكون غالبا مائلا نحو الخارج بانحشارها نتيجة لضغط الهواء، بحيث تستقر في مكانها بثبات، وتقوم حافة الطوق بتثبيت الإطار من الجانبين. ويتم إحكام الإطارات عديمة الأنبوبة الداخلية بضغطها بين الأكتاف وحافتي طوق العجلة.

وتصنع أطواق العجلات من الفولاذ أو من سبائك المعدن الخفيف (سبائك الألومنيوم). ويفرق بين الأنواع المختلفة طبقا للشكل كما يلي:

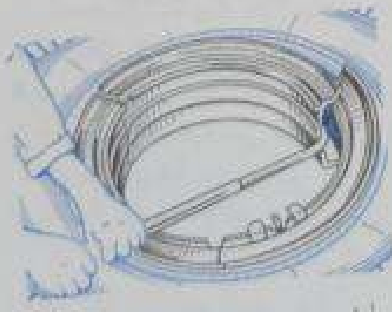
- طوق العجلة ذو القاع العميق: وهو مكون من جزء واحد ويستخدم في الدراجات النارية وسيارات ركوب الأشخاص وسيارات الخدمات العامة الخفيفة. ويعتبر القاع العميق للطوق ضروريا لعملية تركيب الإطار. ويصنع الطوق بحيث يكون محكما لمنع تسرب الهواء، لكي يمكن استخدامه أيضا للإطارات عديمة الأنبوبة الداخلية.
- طوق العجلة ذو الكتف المائل: ويستخدم في سيارات الخدمات العامة، وقد حل - إلى حد بعيد - محل الأطواق ذات القاع المسطح (غير العميق)، التي كانت تستخدم بكثرة في الماضي. وتساعد الأكتاف المائلة على تثبيت حواف الإطارات تثبيتا جيدا. وينقسم هذا النوع من الأطواق إلى حلقات (طوق العجلة الحلقي)، أو إلى أجزاء محيطية (قطاعات) (طوق من طراز تريلكس) (شكل ٢٢٩ - ٤).

ويمكن تقسيم أطواق العجلات أيضا إلى أطواق عجلات ثابتة وأخرى قابلة للفك، وكذلك إلى أطواق مجزأة وأخرى غير مجزأة.

وهناك أيضا أشكال أخرى لأطواق العجلات إلى جانب ما سبق ذكره، مثل طوق العجلة ذو القاع نصف العميق وطوق العجلة ذو القاع العريض. ويغلب استخدام الأخير في المقطورات ووسائل النقل الزراعي والجرارات.



٢٢٩ - ٣ أطواق العجلات ذات الكتف المائل.
أ) طوق مقسم حلقيا إلى أربعة أجزاء.
ب) طوق ثلاثي الأجزاء: الطوق الرئيسي والحلقة الجانبية وحلقة القفل مع حلقة الكتف المائل.
جـ) طوق ثنائي الأجزاء: الطوق الرئيسي والحلقة الجانبية مع حلقة القفل وحلقة الكتف المائل.



٢٢٩ - ٤ تركيب بعض الأطواق المختلفة للعجلات:
أ) طوق ذو كتف مائل، مقسم إلى أجزاء محيطية (طوق تريلكس).
ب) طوق ذو كتف مائل، مقسم إلى حلقات.

تصنيف رموز أطواق العجلات : ويتم ذلك بواسطة أرقام ، إذ يرمز الرقم الأول إلى البعد بين الحافتين ، بينما يدل الرقم الثاني على القطر بوحدة البوصة . أما الحرف الأبجدي الذي يتبع الرقم الأول (وهو محذوف في الطراز ذي الكتف المائل) فإنه يرمز إلى شكل الحافة . وتدل الإشارة بين الحرف الأبجدي والرقم الأخير ، على نوع الطوق . فمثلا x = طوق ذو قاع عميق أو عريض و - = طوق ذو كتف مائل أو قاع مستو أو قاع نصف عميق .

أمثلة :

13 x 4 1/2 K = طوق ذو قاع عميق ، المسافة بين الحافتين "4,5 (بوصة) ، الحافة من طراز K ، قطر طوق العجلة "13 (بوصة) .

20 - 6,0 = طوق ذو كتف مائل ، المسافة بين الحافتين "6 (بوصة) ، قطر طوق العجلة "20 (بوصة) (دائما ما يعطى الرقم الدال على المسافة بين الحافتين في الأطواق ذات الكتف المائل كعدد صحيح مع رقم عشري واحد) .

20 - 3,75 P = طوق ذو قاع مستوي ، المسافة بين الحافتين "3,75 (بوصة) ، الحافة من طراز P ، قطر طوق العجلة "20 (بوصة) .

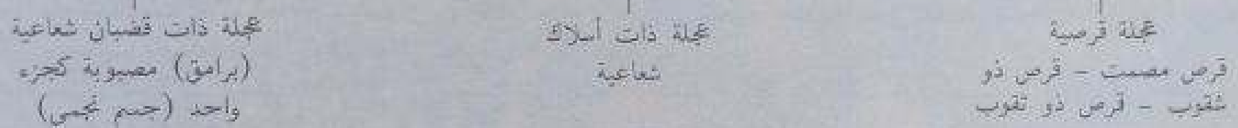
28 x 9 W = طوق ذو قاع عريض (W = قاع عريض) ، المسافة بين الحافتين "9 (بوصة) ، قطر طوق العجلة "28 (بوصة) .

الملخص

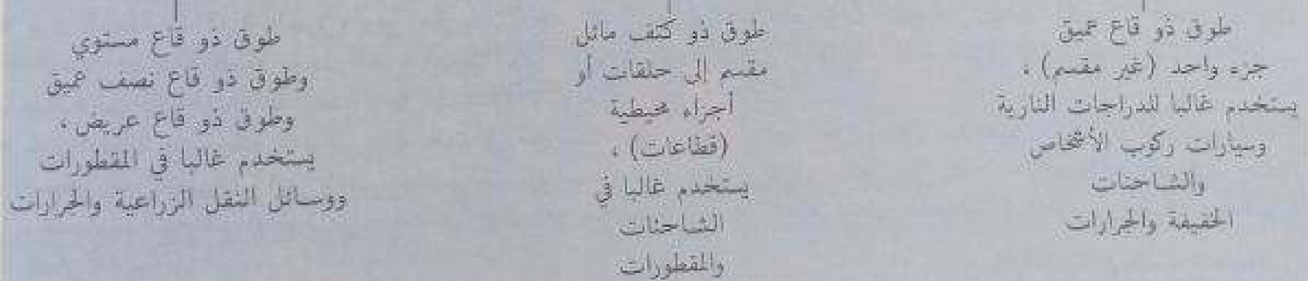
أنواع الصرر المستخدمة لتحميل العجلات



أنواع جسم العجلة الذي يربط الصرة مع طوق العجلة



طوق العجلة المستخدم في تثبيت الإطار (المطاط)



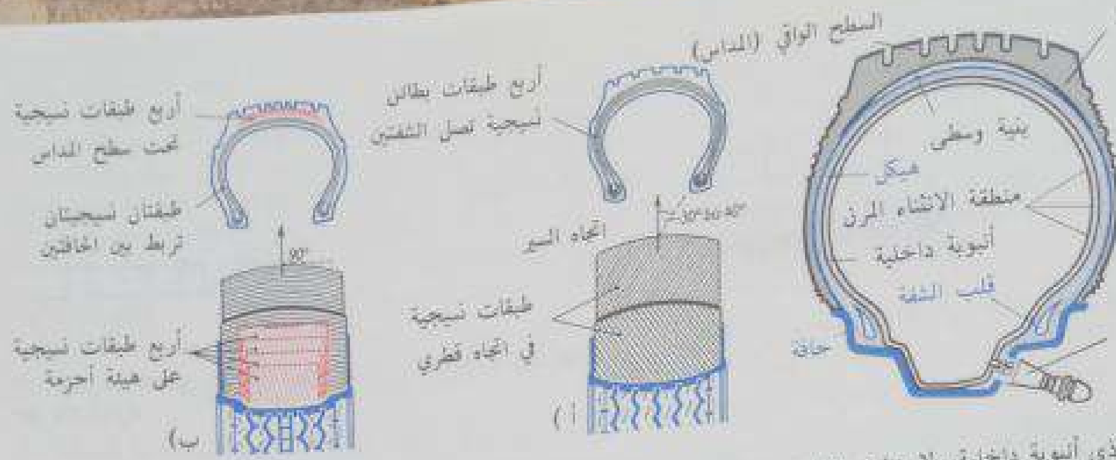
٦ - ٤ - ٢ تجهيزات الإطارات

- يجب أن يكون التلامس بين الإطار وسطح الطريق ، بسطح تلامس كبير وكاف دائما (ضغط الهواء) .
- يجب أن تكون قوى التوجيه الجانبي كافية (عمق المداس أو المقطع الواجهي - خليط المطاط - البنية الداخلية) .
- يجب توفر إمكانية نقل قوى الجر (التشغيل) وقوى المكبح بواسطة الإطارات إلى سطح الطريق (عمق المداس أو المقطع الواجهي وخليط المطاط) .
- يجب أن يتصف الإطار بمرونة نابضية عند التدحرج فوق سطح غير مستو (ضغط الهواء) .

تحدد كل هذه المتطلبات شكل الإطار ونوع المادة التي يصنع منها .

مكونات الإطار (شكل ٢٣١ - ١) :

- البنية الداخلية أو الهيكل ، وهي تتألف من طبقات متعددة من نسيج شريطي مغطى بالمطاط مع وجود زاوية معينة بين كل طبقة والطبقة التي تليها . وتتوقف مقدرة تحميل الإطار على عدد هذه الطبقات . ويستخدم الحرير الصناعي (ريون) والنايلون والبرلون



٢٣١ - ١ مقطع في إطار ذي أنبوبة داخلية. لا ينطبق هذا على الإطارات عديمة الأنبوبة الداخلية. وينحصر استخدام البنية الوسطى غالبا في الإطارات الكبيرة فقط.

٢٣١ - ٢ الإطارات ومكوناتها:
أ) إطار قطري عادي
ب) إطار حزامي ذو هيكل نصف قطري وحزام مكون من أربع طبقات. تمر خيوط الشريط أحيانا في هذه الطبقات كما هو مبين بالشكل (تتراص خيوط كل طبقة فوق خيوط الطبقة التي تليها بزاوية معينة)

(خيوط اصطناعية) لصنع هذا النسيج. كما تستخدم أسلاك فولاذية في الإطارات المخصصة للسرعات الكبيرة والشاحنات. والجدير بالذكر أن القطن كان يستخدم في الماضي في معظم الأحيان لصناعة هذا النسيج. وتستخدم حاليا ألياف الزجاج وخيوط البوليستر كمواد حديثة لصناعة هذا النسيج.

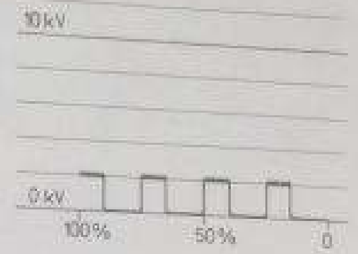
- حافة الإطار، وتقوم بمهمة تثبيت الإطار على طوق العجلة. كما أنها تقوم بعملية الإحكام (منع تسرب الهواء المضغوط) في حالة استخدام إطار عديم الأنبوبة الداخلية. تلتف طبقات نسيج البنية الداخلية (الهيكل) حول قلب مركز الحافة المصنوع من أسلاك فولاذية. ويتم اللف من الداخل إلى الخارج. ويختلف عدد قلوب مركز الحافة المستعملة تبعا لحجم الإطار وقدرته على التحميل. فيستخدم قلب واحد مثلا في سيارات ركوب الأشخاص، بينما يستخدم عدد من القلوب يصل إلى ثلاثة في الشاحنات.
- المداس أو السطح الواقي؛ وهو يحمي البنية النسيجية الداخلية، وتصنع به مقاطع واجهية (نقش المداس). وتستخدم في صناعة هذا الجزء مواد ذات مقاومة عالية للبلى الناتج عن الاحتكاك، وذات خواص التصاق جيدة. بينما تصنع الطبقة التي تقع تحتها وعلى الجوانب من مواد مرنة لكي تفي بالشروط المطلوب توافرها في الإطار.

وهناك أنواع أخرى من الإطارات إلى جانب تلك عادية مكونات التركيب (شكل ٢٣١ - ٢ أ إطارات قطرية)، مثل الإطارات نصف القطرية أو المعروفة باسم الإطارات الحزامية (شكل ٢٣١ - ٢ ب). وقد انتشر استعمالها كثيرا.
وفي الإطارات الحزامية تتولى طبقات من الأسلاك الفولاذية أو من الأنسجة، مهمة شد وتقوية البنية الداخلية للمداس. ونظرا لقلة تغير شكل هذه الإطارات عند السير، يكون الانثناء المرن قليلا عند السرعات العالية والمتوسطة. ويعمل هذا على إبقاء الإطار باردا نسبيا عند الدوران. وبذلك تزداد الكفاية الكيلومترية (مدة استخدام الإطار) ويقل معدل استهلاك الوقود. تتمتع الإطارات الحزامية الفولاذية بهذه المزايا بصفة خاصة. وقد راج استعمالها نتيجة للتصميمات الحديثة التي تنتجها شركات عديدة. وقد تم في هذا المقام استخدام المواد الجديدة التي سبق ذكرها في التصنيع، مثل استخدام بنية مصنوعة من البوليستر وأحزمة من الألياف الزجاجية.

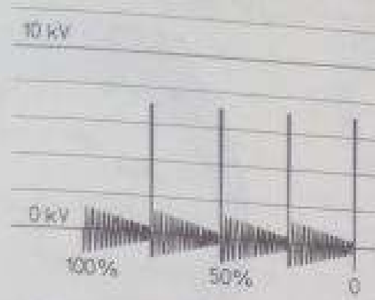
وتؤثر الإطارات الحزامية على سلوك سير المركبة. وهناك تأثير متبادل بين الإطارات وبين التعليق بالنوابض. وغالبا ما يتحسن التعليق بالنوابض بسبب وجود جوانب الإطار المرنة. وقد يؤدي هذا أحيانا إلى إحساس بعدم وجود صخب عند السرعات المنخفضة. وتتميز الإطارات الحزامية عن غيرها من الإطارات بمقاومة تدحرج أصغر، بينما تكون قوة التوجيه الجانبي أكبر نتيجة لدعم الأحزمة. ويعيب هذا النوع من الإطارات، التلف المفاجئ دون ظهور بوادر سابقة. وعند السير في المنعطفات بالسرعة الحدية، تكاد لا تسمع ضوضاء الاحتكاك قبل انزلاق العجلة على الطريق.
ويجب عدم استبدال الإطارات العادية بأخرى من هذا النوع، إلا في حدود الإرشادات التي تنصح بها الشركة المنتجة للسيارة.

صناعة الإطارات: تعتمد صناعة الإطارات على ثلاثة مواد تشغيل، هي المطاط الخام والأنسجة وأسلاك الفولاذ. ويتم الإنتاج على مراحل متعددة هي:

- تصنيع الخليط المناسب فنيا للمطاط.
- تصنيع أجزاء سطح السير (المداس) والجوانب والقلوب السلكية، وكذلك شرائط الخيوط والحبال، المكسوة بالمطاط.
- تجميع أجزاء (خامات) الإطار مع بعضها البعض.
- فلكنة الإطار (معالجة لتصليد المطاط).



٣٣٢ ـ ١ الرسم التذبذبي القياسي لدورة إشعال ذات مكثف جهد عال IHC (الابتدائي)



٣٣٢ ـ ٢ الرسم التذبذبي القياسي لدورة إشعال ذات مكثف جهد عال IHC (الثانوي)

دورة الإشعال بالملف ذي ثغرة الشرارة المتقدمة

يتسبب وجود ثغرة الشرارة المتقدمة في ارتفاع الجهد بمعدل سريع عند شموع الإشعال، واستمرار الشرارة لفترة طويلة. وبذلك تصبح شموع الإشعال غير حساسة لدوائر القصر (توصيل على التوازي) (ترسب السناج أو الرصاص على سطح شمعة الإشعال). ويؤدي وجود ثغرة الشرارة المتقدمة إلى فصل ملف الإشعال عن دائرة القصر الموجود في شمعة الإشعال أيضا، حتى يرتفع جهد الإشعال إلى قيمة كبيرة كافية، وبذلك لا تتسرب أية طاقة إشعال إلى أي دائرة قصر (توصيل على التوازي).

لذلك لا يظهر الخلل الذي يؤثر على احتياجات جهد الاشعال في الرسوم التذبذبية لهذا النوع من الملفات. أما الرسوم التذبذبية لأنواع الخلل الأخرى فهي تماثل رسوم ملفات الإشعال العادية.

دورة الإشعال بالملف المزود بترانزستور

لا تختلف دورة الاشعال بالملفات المزودة بترانزستور وقاطع تلامس، عن دورة الإشعال بالملفات فقط، من ناحية منحنى جهد الإشعال، وهي لا تختلف بالتالي عن بعضها من ناحية الرسوم التذبذبية الثانوية. بيد أن الرسوم التذبذبية للخلل الناشئ عن قاطع التلامس ومكثف الإشعال، تكون غير موجودة في النوع الأخير من دورات الإشعال.

دورة الإشعال المزودة بمكثف الجهد العالي (IHC)

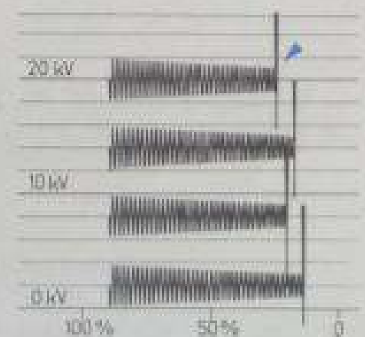
يحتوي الرسم التذبذبي القياسي للدائرة الابتدائية لدورة الإشعال المزودة بمكثف جهد عال، على ذبذبة ذات شكل مستطيل. وعند فتح نقطتي قاطع التلامس يفرغ المكثف نفسه من خلال الملف الابتدائي لمحول الإشعال. ويعتبر تفريغ المكثف عملية ذبذبة متضائلة. ويكون الجهد المستمر في هذه المرحلة متداخلا (متراكبا) مع ذبذبة عالية التردد (شكل ٣٣٢ ـ ١).

وتظهر كل من قفزة جهد الإشعال ومرحلة الذبذبة المتضائلة لمكثف التخزين فقط (شكل ٣٣٢ ـ ٢)، في الرسم التذبذبي القياسي للدائرة الثانوية لدورة الإشعال المزودة بمكثف جهد عال.

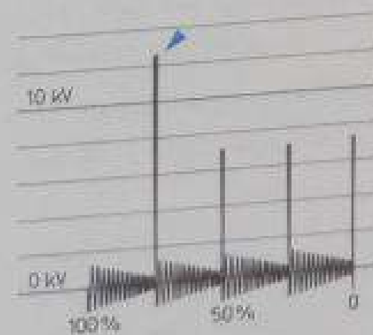
ويقل في هذه الحالة عدد أنواع الخلل التي يمكن التعرف عليها في الرسم التذبذبي، نظرا لكبر كل من معدل ارتفاع جهد الإشعال وقيمته النهائية، وانخفاض سعة التخزين.

أما أنواع الخلل التي تؤثر على قيمة جهد الإشعال وكذلك اختلاف وضع الحدبات، فإنه يمكن تحديدها في الرسم التذبذبي (شكل ٣٣٢ ـ ٢).

يدل جهد الإشعال المنخفض على وجود دائرة قصر (توصيل على التوازي) عند شموع الإشعال، أو وجود مقاومة مرتفعة في إحدى دوائر الإشعال. كذلك يدل جهد الإشعال المرتفع عن المعدل العادي، على وجود انقطاع في دائرة الإشعال المناظرة (شكل ٣٣٢ ـ ٤).



٣٣٢ ـ ٣ اختلاف وضع الحدبات في دورة الإشعال ذات مكثف الجهد العالي IHC.



٣٣٢ ـ ٤ انقطاع أحد خطوط توصيل الإشعال.

عمر (مدة استخدام) الإطار:

يعتمد عمر الإطار على العوامل التالية:

- طريقة قيادة السيارة (الأسلوب الفني للسير)
- تحميل السيارة
- السرعة
- حالة الطريق
- وضع العجلات
- ضغط الإطارات
- ممتصات الصدمات

ويحتوي الجدول التالي على قيم للعوامل التي يمكن لسائق السيارة أن يتحكم فيها بسهولة. وقد أمكن جمع هذه القيم بالخبرة العملية.

الحمل	100%	120%	140%	ضغط الهواء	120%	100%	80%	60%	40%
العمر	100%	70%	50%		90%	100%	85%	60%	25%

وقد بدأ التطور بإطارات الضغط العالي (يتراوح الضغط الزائد p_o بين 4 bar و 8 bar)، ذات مساحة المقطع الصغيرة. ثم تم التوصل إلى إطارات الضغط المنخفض (تتراوح قيمة الضغط الزائد p_o بين 1,5 bar و 3,5 bar)، ذات مساحة المقطع الكبيرة.

ويوجد رمز الإطار على الجانب المطاطي للإطار، وهو يعطي معلومات عما يلي:

- مصدر الإطار وطرازه
- مقاسات الإطار
- متانة الإطار
- السرعة القصوى

يتم التعرف على مصدر الإطار عن طريق علامات الشركة المنتجة واسمها، التي يتم طبعها غالبا على الإطار بالفلكنة (التصليد).

وطبقا للاتفاقات الدولية، تعطى مقاسات الإطار بالبوصة. ومع هذا توجد أحيانا بيانات بالمليمتر في أوروبا على وجه الخصوص. وإذا كتب الرقمان بحجم كبير ووقعت بينهما شرطة (–)، لدل الرقم الأول على عرض الإطار، والثاني على قطر طوق العجلة. أما في حالة وجود الإشارة (×) بين الرقمين، يدل الرقم الأول على القطر الخارجي للإطار، والثاني على عرض الإطار.

وتعتمد متانة الإطار على نوع النسيج المستخدم. ويتوقف تحديد ضغط الهواء في الإطار – وكذلك مقدرة الإطار على تحمل الأحمال – على متانة الإطار. وقد أصطلح عالميا على الرمز لهذه المتانة بأعداد تسمى أعداد PR. وتستخدم هذه الأعداد حاليا كأعداد للمقارنة بين أنواع الإطارات المختلفة، والرمز PR هو اختصار للمصطلح «Ply Rating»، ويعني معايرة الطبقات، وكمثال يدل الرمز 8 PR على إطار تعادل متانة هيكله، متانة الإطار الذي كان يصنع فيما مضى بثمان طبقات من النسيج القطني.

وتستخدم حروف رمزية للدلالة على السرعة القصوى المسموح بها للإطار:

وتوجد الأعداد التي ترمز للمقاسات على الإطارات النطية فقط – مثل 12–5,50 – إلى جانب السرعة القصوى لهذا النوع، وهي 135 km/h، إذا كان قطر طوق العجلة أقل من "13 (بوصة).

وتزداد السرعة إلى 150 km/h، إذا زاد قطر طوق العجلة عن "13 (بوصة).

دلالات الحروف الرمزية:

6.00 S – 15 / 165 SR 13: الحد الأقصى للسرعة المسموح به هو 175 km/h.

S: تدل على السرعة (Speed)
R: إطار نصف قطري (Radial Type) (إطار حزامي)

6.00 H – 15 / 175 HR 15: الحد الأقصى للسرعة المسموح به هو 210 km/h.

H: سرعة كبيرة (High Speed)
R: إطار نصف قطري (إطار حزامي)

أما الرمز VR فيدل على الإطارات التي تستخدم في حالة زيادة السرعة عن 210 km/h.

الملخص:

- للإطار وظائف متعددة لا يستطيع تأديتها إلا إذا كان في حالة جيدة. وطبقا لتعليمات الشركات المنتجة، يحظر استخدام الإطارات إذا قل عمق القطع الواجهي (نقش المداس) فيما عن 2mm. وطبقا لتعليمات المرور المعمول بها في بعض الدول الأوروبية، يجب ألا يقل هذا العمق عن 1mm، عند أي نقطة على سطح الإطار. وإذا نظرنا إلى قطاع في الإطار (شكل ٢٣١ – ١) نلاحظ أن سمك الإطار يكون أقل ما يمكن في الجوانب، ولذلك يجب تجنب الجوانب. ويجب أن ينبض الإطار في هذا الموضع. ومن ثم يصبح الإطار حساسا ضد الصدمات في الجوانب بسبب رقته، ولذلك يجب تجنب رطم – أي صدم الإطار – بجوانب الأرصفة.
- يجب مطابقة النقط الحمراء على الإطار مع صمام الهواء، عند تركيب الإطار على طوق العجلة.
- يمكن المحافظة على الإطار، وإطالة عمر استخدامه، بعمل موازنة جيدة، واستخدام ضغط الهواء الصحيح والتحميل العادي.
- تعتمد السرعة القصوى للسيارة على نوع الإطار، إلى جانب عوامل أخرى، ويمكن التعرف على السرعة القصوى المسموح بها للإطار فورا، عن طريق الحروف الرمزية الدولية المتعارف عليها.

أسئلة:

١ - ما هو نوع الإجهادات التي تؤثر على العجلة المثبتة في جسم المركبة؟
٢ - أذكر أسماء الأجزاء المختلفة للعجلة مع توضيح وظيفة كل منها.
٣ - صف أنواع التصميات المختلفة لصرة العجلة.
٤ - على أي أساس يتم تصنيف الأنواع المختلفة لطوق العجلة؟
٥ - عدِّد أجزاء طوق العجلة ذي الكتف المائل، إذا كان من الطراز المجزأ إلى حلقات، أو من الطراز مجزأ المحيط.
٦ - وضح معنى الرموز التالية: 5 JK × 14; 2,50 C × 15; 7,5 – 20; 6,50 H – 16; W 8 × 30.
٧ - ما هي جودة إنجاز السطح المطلوبة لطوق العجلة التي تستخدم للإطارات عديمة الأنبوبة الداخلية؟
٨ - ما هي مكونات الإطار؟
٩ - لماذا يجب موازنة العجلات؟
١٠ - المطلوب توضيح معاني جميع الرموز التي توجد على الإطار.
١١ - حاول التعرف على الطريقة التي تتم بها موازنة العجلة في الورشة.
١٢ - ما هو الفرق بين تركيب (مكونات) الإطارات الحزامية، وتركيب الاطارات العادية؟
١٣ - ما هي المواد التي تستخدم في صناعة الإطارات؟
١٤ - كيف يمكن التعرف على متانة هيكل الإطار (تحمل الاطار للإجهادات)؟
١٥ - ما هو السبب في اختلاف عمر (مدة استخدام) الإطارات المتماثلة، عند استخدامها في وسائل مختلفة؟
١٦ - كيف يمكن التعرف على عدم التوازن الاستاتي والديناميّ؟

٦ - ٥ التوجيه (Steering)

تعتمد سلامة (أمان) القيادة على التوجيه إلى حد كبير. وقد استخدمت طريقة التوجيه التي كانت تستخدم في العربات التي تجرها الدواب - وهي التوجيه بالعجلة الخامسة (التوجيه بالبوجي الدوار) - في وسائل النقل الآلية الأولى. أما في الوقت الحالي فتستخدم جميع المركبات الآلية محور التوجيه المفصلي.

٦ - ٥ - ١ الوضع الهندسي للمحور الأمامي

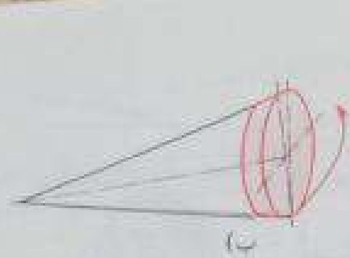
وضع العجلات الأمامية (شكل ٢٣٥ - ١): تميل العجلات الأمامية والمسامير الرئيسية لمحاور دوران العجلات عن كل من المستوى الرأسي والمحور الطولي للمركبة.

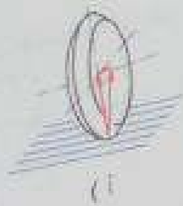
ميل العجلات الأمامية عن المستوى الرأسي (Camber): يميل المستوى المار بجسم العجلة عن المستوى الرأسي. التأثير: صغر نصف قطر دوران توجيه التدحرج وانقاص القوة المطلوبة للتوجيه. ويتبع هذا أن تنضغط العجلات على محاورها في اتجاه جسم المركبة، مما يؤدي إلى نقص الخلوص في الحامل (شكل ٢٣٥ - ٢). إلا أن العجلات تحاول مع ذلك التحرك إلى الخارج، لأنها تشكل في هذا الوضع مخروطا يرتكز رأسه على سطح الطريق (شكل ٢٣٥ - ٢ب).

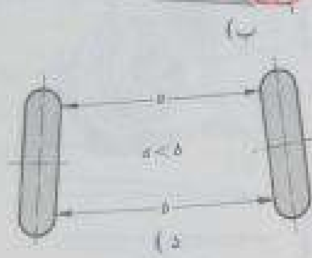
تقارب العجلتين الأماميتين (لم المقدمة): يميل مستوى العجلة عن المحور الطولي للمركبة (شكل ٢٣٥ - ٢). التأثير: يمكن تجنب الارتعاش في مجموعة التوجيه. ويبدأ حدوث الارتعاش، عندما تتجاوز العجلات وضع التوازي إلى الخارج. ويؤدي لم المقدمة إلى خفض قابلية العجلات لحركة إلى الخارج، إلا أن هذا يتسبب بدوره في زيادة مقاومة التدحرج.

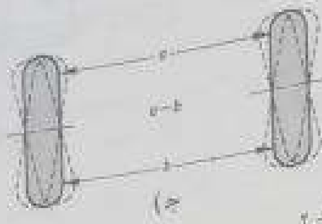
ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران: يميل المسمار الرئيسي لمحور دوران العجلة على الاتجاه الرأسي نحو محور المركبة (شكل ٢٣٥ - ١). التأثير: يقصر نصف قطر دوران توجيه التدحرج. وعند السير في منعطف ترجع العجلات إلى وضعها الأصلي تلقائيا. التعليل: يتحرك مركز العجلات الأمامية في مستوى عمودي على المسمار الرئيسي لمحور الدوران (شكل ٢٣٥ - ٣). ويكون هذا المستوى موازيا لمحور المركبة الطولي ومائلا عن المستوى الأفقي. وتحاول العجلات الهبوط عند تدوير عجلة التوجيه (القيادة)، إلا أن سطح الطريق يقاوم هذه المحاولة بمقاومة مضادة تؤدي إلى رفع محور دوران العجلات ضد اتجاه وزن المركبة. وعند إرجاع عجلة التوجيه إلى وضعها الأصلي، يضغط وزن المركبة على محور دوران العجلات إلى أسفل مما يعمل على عودة عجلات المركبة إلى وضعها الأصلي.

التراوح المبلي (كاستر): يميل مسمار محور دوران العجلات عن الاتجاه الرأسي في مستو مواز لمحور المركبة الطولي. أو قد يترجح إلى الأمام موازيا لوضعه الأصلي (شكل ٢٣٥ - ٤).









٢٣٥ – ١ تميل العجلة عن المستوى الرأسي بزاوية λ (لمدا)، بينما يميل المسمار الرئيسي لمحور دوران العجلة عن المستوى الرأسي بزاوية ε (إبسلون)، وبهذا يقل نصف قطر دوران توجيه التدحرج.

٢٣٥ – ٢

أ) تنشأ عن ميل محور دوران العجلة – الناتج بدوره عن ميل العجلات الأمامية – عن المستوى الرأسي قوة تضغط العجلة على محملها الداخلي.

ب) علاوة على هذا فإن العجلة تحاول التدحرج إلى الخارج على قوس دائري.

جـ) إذا كانت العجلتان متوازيتين، فإنهما تتعرضان للترجيح أو للارتعاش حول محور دورانها.

د) يضاد تقارب العجلتين الأماميتين (لم المقدمة)، حركة العجلات إلى الخارج، ويمنع الارتعاش.

التأثير : يزداد تأثير العودة التلقائية للعجلات. ويزداد ميل المستوى – الذي يتحرك فيه مركز العجلات الأمامية عند الانعطاف – نحو محور المركبة الطولي، نتيجة لتأثير التراوح الميلي. ونتيجة لذلك ترتفع العجلة الداخلية للمركبة (بالنسبة لمنحنى المنعطف)، وتنخفض العجلة الخارجية لها، عند السير في منعطف. لذا يحدث شد في العجلات يؤدي إلى ارتدادها تلقائيا إلى اتجاه السير الأصلي.

طرق الفحص : لا يمكن تحديد الوضع الصحيح للعجلات، إلا بإجراء قياس دقيق. ويتم اختيار طريقة القياس طبقا لدرجة الدقة المطلوبة، والزمن المتاح لإجراء الفحص. وتعتبر الأجهزة الضوئية من أكثر الأجهزة دقة وحساسية (شكل ٢٣٦ – ١ أ، ب).

وإذا اتضح عند إجراء القياس بجهاز قياس ضوئي، أن تقارب العجلات الأمامية به خطأ، بالرغم من أن كلا من ميل العجلات الأمامية، وميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران، والتراوح الميلي مضبوطة كلها، فيمكن البحث عن سبب هذا العيب في مجموعة التوجيه فقط. ويمكن أن يعزى سبب ارتعاش العجلات أيضا إلى نفس العيوب.

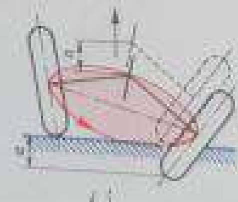
٢٣٥ – ٤

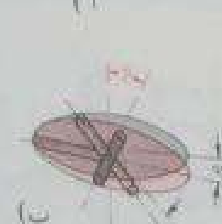
أ،ب) يتسبب كل من ميل العجلات الأمامية، وميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران، في أن تتحرك نهاية محور الدوران في قوس دائري، عند تغيير مسار العجلات عن طريق التوجيه. ويميل هذا المسار عن المستوى الأفقي إلى الداخل، ويعني هذا أن تهبط العجلات إلى أسفل، ولما كان سطح الطريق لا يسمح بذلك، فيتحرك محور الدوران إلى أعلى في اتجاه مضاد لوزن المركبة. وترتد العجلات إلى مسارها الأصلي بمساعدة وزن المركبة.

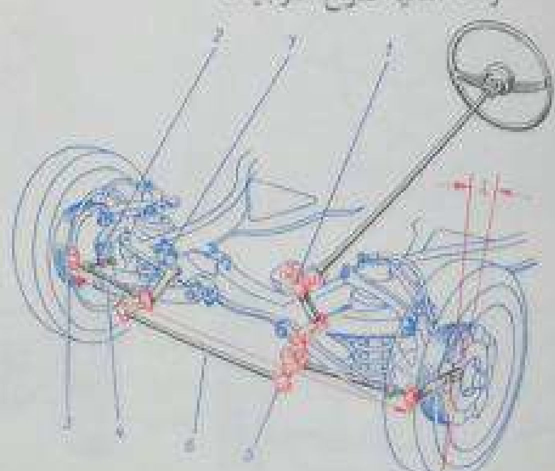
جـ) علاوة على ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران (في اتجاه محور المركبة) يميل هذا ميلا آخرا على المستوى الرأسي الموازي لمحور المركبة (الطولي)، والذي يعرف باسم التراوح الميلي. ونتيجة للتراوح الميلي ينشأ عزم دوران على العجلة ليجبرها على اتخاذ اتجاه مواز لمحور المركبة. وتعمل زاوية التراوح الميلي n على جعل المستوى الدائري الذي تتحرك فيه نهاية محور الدوران، يميل أيضا على الاتجاه الطولي للمركبة بزاوية n.

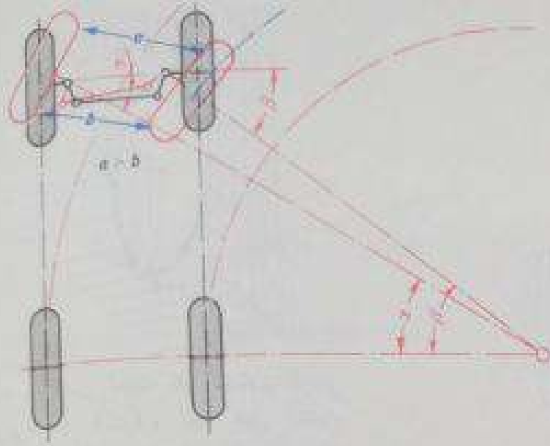
٢٣٥ – ٣ أجزاء مجموعة التوجيه : 1 مجموعة تروس التوجيه، 2 ذراع توجيه محور دوران العجلة، 3 الوصلات المفصلية لذراع الأثر، 4 و6 أجزاء ذراع الأثر، 5 رافعة ذراع التوجيه، 7 الرافعة الثانية لذراع التوجيه.

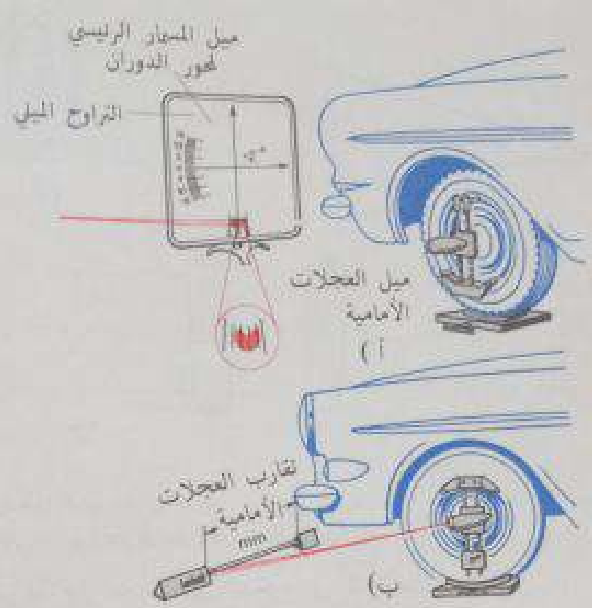












٢٣٦ – ١ الجهاز الضوئي لقياس المحور. توقف المركبة على سطح أفقي مستو، ثم تثبت أجهزة إسقاط ضوئي على العجلات. يسقط الضوء – على شكل نقط ضوئية – على لوحات قياس مثبتة على أبعاد معينة. وبذا يمكن قياس جميع القيم المطلوب ضبطها.

٢٣٦ – ٢ هندسة التوجيه. عند السير في منعطف، لا تتدحرج عجلات المركبة بطريقة سليمة، إلا إذا تلاقت امتدادات محاور العجلات في مركز منحنى المنعطف. ولتحقيق هذا الشرط في توجيه محور الدوران، يجب أن تكون ذراع الأثر ورافعتا التوجيه، والخط الواصل بين مسامير محاور الدوران مع بعضها شبه منحرف. كذلك نجد أن الأثر يتغير بإدارة العجلات.

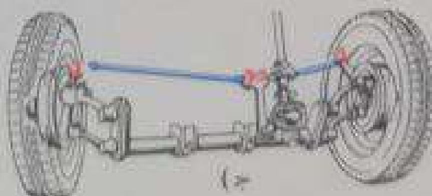
أذرع مجموعة التوجيه: لا يستخدم في توجيه المركبات حاليا، إلا توجيه محاور دوران العجلات الأمامية. وتقوم كل من ذراع
التوجيه الهابطة (Drp Arm)، ورافعة التوجيه، بنقل حركة عجلة التوجيه (القيادة) – عن طريق مجموعة تروس التوجيه – إلى محاور
دوران العجلات، التي تتصل ببعضها عن طريق أذرع الأثر (شكل ٢٣٥ – ٣). وتتدحرج عجلات المركبة أثناء سيرها في منعطف دون أن
تنزلق أو تبلى، إذا تلاقت امتدادات محاور العجلات في نقطة مركز منحنى المنعطف. ويعني هذا أن زاويتا توجيه انعطاف العجلات
الأمامية، يجب أن تكونا مختلفتين (شكل ٢٣٦ – ٢). فيتم توجيه العجلة الداخلية بزاوية أكبر من زاوية توجيه العجلة الخارجية.
طرق الفحص: يتم اختبار أذرع مجموعة التوجيه من أسفل المركبة (إما برفع المركبة على منصب رفع، أو وضعها فوق حفرة
(خندق) الكشف والإصلاح.

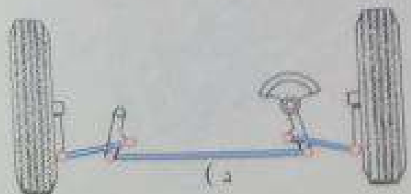
ويمكن أن يظهر خلوص في محامل ذراع التوجيه الهابطة المساعدة، وفي الوصلات المفصلية لأذرع مجموعة التوجيه.
أذرع الأثر (Track Rods). يستخدم أحد الطرازات الثلاثة التالية لأذرع الأثر، تبعا لطريقة تصميم المحور الأمامي:
ذراع أبتر (غير مجزأ) وذراع ذو جزئين وذراع ذو ثلاثة أجزاء.
الذراع الأبتر (غير المجزأ): يستخدم في المحاور الجاسئة (شكل ٢٣٦ – ١٣). ويعد هذا التصميم من أبسط أنواع مجموعات التوجيه، إذ
تقوم فيه ثلاثة مفاصل فقط بعملية التوجيه.
ذراع الأثر ذو الجزءين: ويستخدم في نظام التعليق المستقل للعجلات (شكل ٢٣٦ – ٣ ب و ج). ويسمح هذا النظام لكل عجلة
بالتحرك صعودا وهبوطا مستقلة عن بقية العجلات الأخرى. وبالرغم من ذلك، يجب ضمان دقة توجيه العجلات. وهناك نوعان من
هذا الطراز: ذراع الأثر المجزأ في منتصفه (شكل ٢٣٦ – ٣ ب)، وتنقل فيه حركة التوجيه، عن طريق ذراع التوجيه الهابطة.

٢٣٦ – ٣ أنواع أذرع الأثر:
أ) ذراع ذو جزء واحد.
ب) ذراع ذو جزءين (مجزأ في الوسط).
ج) ذراع ذو جزءين (غير متساويين).
د) ذراع ذو ثلاثة أجزاء.









التوجيه، إلى ذراع توجيه هابطة إضافية (يطلق عليها إسم بوخه وسطي) مثبتة بمفصل في إطار المركبة. ويثبت بهذه الذراع ذراعا أثر متصلين بالعجلتين.

ذراع الأثر المجزأ إلى جزئين غير متساويين (شكل ٢٣٦ – ٢ ج). ويتصل مباشرة بذراع التوجيه الهابطة الخاصة بمجموعة تروس التوجيه. ويكون شكل ذراع التوجيه الهابطة على هيئة شوكة (شعبة) مثبتة اضطراريا على الجانب، نتيجة لصعوبة إدخال عمود القيادة (التوجيه) في اتجاه مائل.

ذراع الأثر ذو الثلاثة أجزاء (شكلا ٢٣٦ – ١، ٢٣٦ – ٢ د)، ويستخدم في نظام التعليق المستقل للعجلات، ويعتبر هذا التصميم أكثرها تكلفة، ولكنه يضمن الحصول على أعلى درجة في دقة توجيه العجلات، وترتكز ذراع التوجيه الهابطة الإضافية في محل مثبت بإطار المركبة، وترتبط بذراع التوجيه الهابطة الخاصة بمجموعة تروس التوجيه، بواسطة ذراع أثر. وتبعد كلا الذراعين عن المحلين بمسافات متساوية، وتتصلان بذراعي مفصل التوجيه، بواسطة ذراع أثر لكل منها.

الوصلات المفصلية لأذرع الأثر: يجب أن تسمح هذه الوصلات بالحركة في عدة اتجاهات:

في الاتجاه الرأسي، وتقوم بوصل الأجزاء التالية:

أ) جزءين متحركين بالنسبة لبعضهما البعض وهما العجلتان، أو

ب) جزء ثابت وجزء متحرك وهما العجلة وذراع التوجيه الهابطة.

في الاتجاه الأفقي: حيث تتحرك تقوب كل من ذراع التوجيه الهابطة، وذراع مفصل التوجيه حركات دائرية.

وللوصول إلى هاتين الحركتين – في الاتجاهين الرأسي والأفقي – تستخدم الوصلات المفصلية الكروية، أو الوصلات المطاطية (شكل ٢٣٧ – أ، ب)، ولا يمكن فك هذه الوصلات، أو إعادة ضبطها.

تصنع الوصلات المفصلية الكروية بحيث يمكن تزليقها. وقد أمكن حديثا إنتاج وصلات لا تحتاج إلى صيانة، باستخدام لدائن اصطناعية.

ولا تحتاج الوصلات المطاطية إلى صيانة، وتصنع من كتل مخمدة للضوضاء، تتكون من جلب معدنية تولج بها جلب مطاطية وتفلكن داخلها.

وضع العجلات

١ – ميل العجلات الأمامية
يؤدي إلى
أ) تقليل قوة التوجيه
ب) تفادي حدوث خلوص في محامل العجلات

٢ – تقارب العجلات الأمامية (أو المقدمة)
يؤدي إلى
الإقلال من الارتعاش

٣ – ميل المحور الرئيسي لمحور الدوران
يؤدي إلى
أ) تقليل قوة التوجيه
ب) حدوث قوى الارتداد

٤ – التراوح الميلي (كاستر)
يؤدي إلى
جعل العجلات مشدودة (استقرار الاتجاه) ومنع الارتعاش

أذرع الأثر

الوظيفة: نقل حركة التوجيه من ذراع التوجيه الهابطة إلى العجلات

غير مجزأة – من جزءين – من ثلاثة أجزاء

الأذرع المجزأة

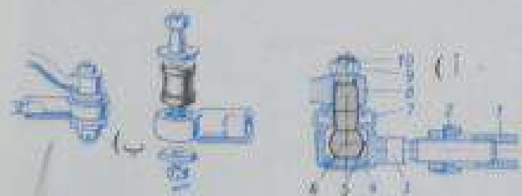
مجزأة بالتساوي – مجزأة بدون تساوي

الوصلات المفصلية لأذرع الأثر

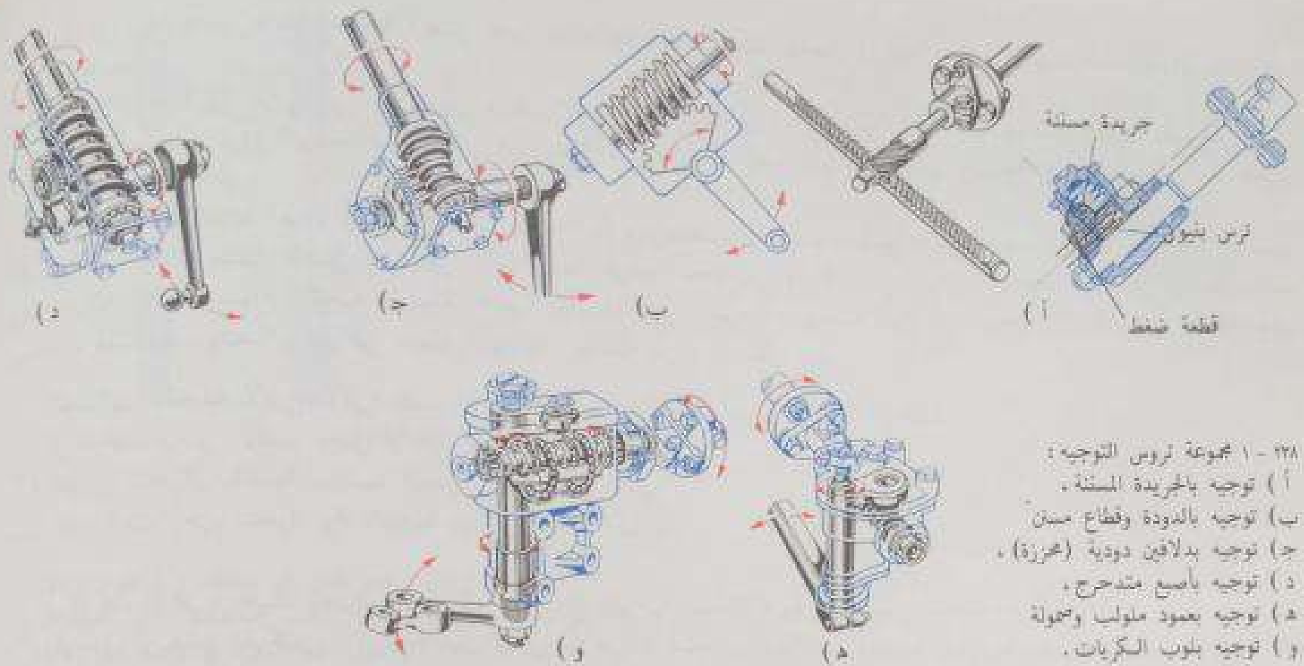
الحركة المنقولة

رأسية
تربط
العجلات مع بعضها البعض وذراع التوجيه الهابطة مع العجلة.

أفقية
تربط
ذراع التوجيه الهابطة مع ذراع التوجيه.



٢٣٧ – ١ الوصلات المفصلية لأذرع الأثر:
أ) وصلة مفصلية كروية: ١ ذراع الأثر، ٢ صمولة قفل ذات إحكام، ٣ رأس ذراع الأثر، ٤ طاسة الكرة، ٥ نابض، ٦ رأس كروية ذات مسمار (بنز)، ٧ غطاء للوقاية من التلوث، ٨ ذراع توجيه، ٩ صمولة تاجية، ١٠ تيلة مشقوقة.
ب) وصلة مفصلية مطاطية.



٢٣٨ - ١ مجموعة تروس التوجيه :
أ) توجيه بالجريدة المسننة ،
ب) توجيه بالدودة وقطاع مسنن
ج) توجيه بدلافين دودية (محززة) ،
د) توجيه بأصبع متدحرج ،
هـ) توجيه بعمود ملولب وصمولة
و) توجيه بلولب الكريات .

٦ - ٥ - ٢ مجموعة تروس التوجيه

تؤدي مجموعة تروس التوجيه وظيفتين أولاهما تحويل الحركة الدائرية لعجلة القيادة (التوجيه) ، وعمود التوجيه المتصل بها ، إلى حركة خطية ، وثانيتهما خمد (امتصاص) صدمات الطريق . علاوة على هذا يجب أن يتم تحريك العجلات دون الحاجة إلى قوة كبيرة ، وأن يتم تغيير اتجاه العجلات من أقصى وضع في اليسار ، إلى أقصى وضع في اليمين ، بإدارة عجلة القيادة (التوجيه) ثلاث لفات ونصف على الأكثر . ويغلب استخدام الطرازات التالية لمجموعات تروس التوجيه :

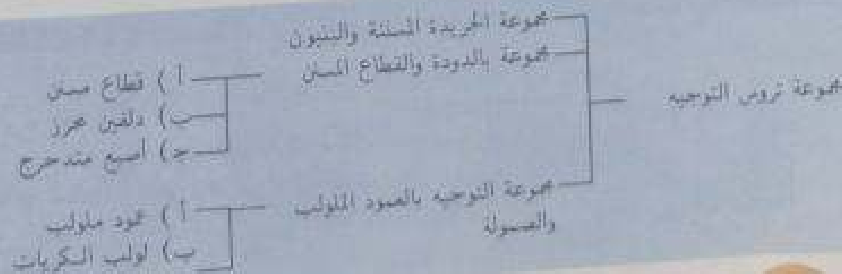
مجموعة التوجيه بالجريدة المسننة والبنيون. تستخدم في أنواع كثيرة من المركبات . والعيب الملاحظ في هذا النوع ، هو البلى غير المنتظم للجريدة ، مما يؤدي إلى وجود خلوص في بعض الأماكن ، يسبب ارتجاجا (قلقلة) . ويمكن تفادي هذا الارتجاج عن طريق ضغط الجريدة المسننة على ترس البنيون (القائد) ، بواسطة قطعة منزلقة (شكل ٢٣٨ - ١أ) . وتقتصر إمكانية إعادة ضبط هذا النوع من مجموعات التوجيه على الخلوص المحوري لترس البنيون . أما الخلوص بين الأسنان فهو غير قابل للمعادلة .

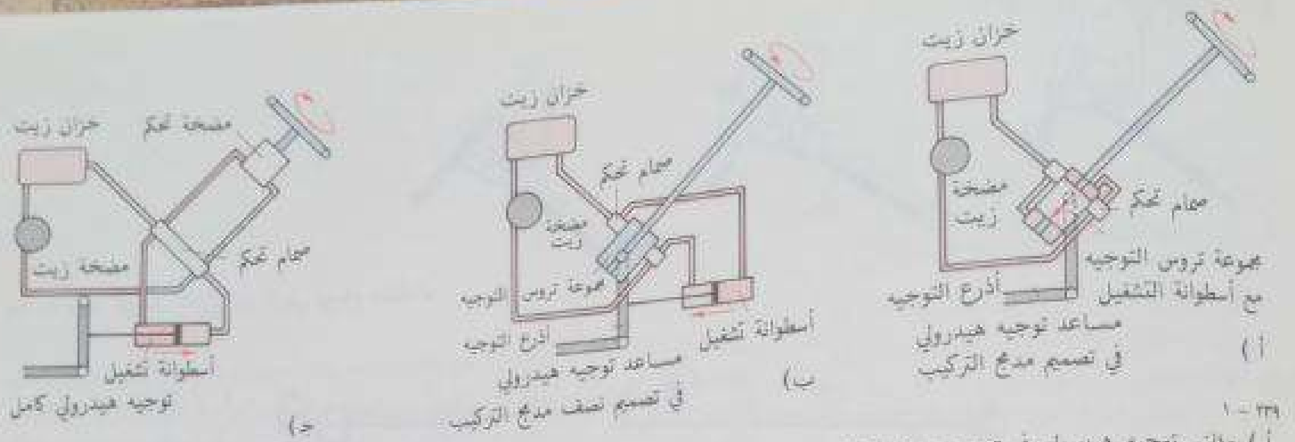
مجموعة التوجيه بالدودة والقطاع المسنن: يمثل قطاع الترس الدودي والدودة الجزئين الرئيسيين في هذه المجموعة . ولما كانت ذراع التوجيه الهابطة ، وبالتالي الترس الدودي المثبت فيها يدوران في حدود زاوية مقدارها ٧٠° فقط ، فلذلك يمكن الاكتفاء بجزء من الترس الدودي ، كما هو الحال في مجموعة التوجيه بالدودة والقطاع المسنن (شكل ٢٣٨ - ١ب) ، أو بتصميم قطاع الترس كبكرة ذات أسنان ، كما هو الحال في مجموعة التوجيه ذات الدلافين المحززة (شكل ٢٣٨ - ١ج) ، أو بتصميمه كجزء من سن ترس على هيئة أصبع ، مثل التصميم المستخدم في مجموعة التوجيه بالأصبع المتدحرج (شكل ٢٣٨ - ١د) .

تتعرض محامل الدودة وجوانب أسنانها والقطاع المسنن المقابل لها للبلى . ولإعادة ضبط خلوص عمود القيادة (التوجيه) ، فإنه يمكن إعادة ضبط محامله . أما خلوص جوانب الأسنان فيمكن تقليله عن طريق ترحيل (إزاحة) الدودة ، أو قطاع الترس الدودي أو الدلافين أو الأصبع .

مجموعة التوجيه بالعمود الملولب والصمولة. يزود العمود الدوار بلولب ، وعند إدارته تتحرك الصمولة المركبة على اللولب متجهة إلى أعلى أو إلى أسفل . وتحوّل الصمولة الحركة إلى دوران لعمود التوجيه (القيادة) .

وتصمم الصمولة في حالة التوجيه بالعمود الملولب (شكل ٢٣٨ - ١هـ) على شكل صمولة توجيه نصف كروية . أما في حالة التوجيه بلولب الكريات (شكل ٢٣٨ - ١و) ، فتصمم هذه على شكل صمولة كاملة مملوءة بالكريات . ويمكن في كلا التصميمين ضبط الخلوص بين جوانب أسنان لولب المسمار والصمولة ، أو بين الكريات ذاتها ، علاوة على إمكان ضبط خلوص محمل العمود الملولب . ويتميز التوجيه بلولب الكريات بانتظام البلى ، نظرا لتتابع تغير أوضاع الكريات أثناء التوجيه .





٢٣٩ - ١

أ) مؤازر توجيه هيدرولي في تصميم مدمج التركيب. ب) مؤازر توجيه هيدرولي في تصميم نصف مدمج التركيب. ج) توجيه هيدرولي كامل.

٦ - ٥ - ٣ التوجيه بالقوى المؤازرة

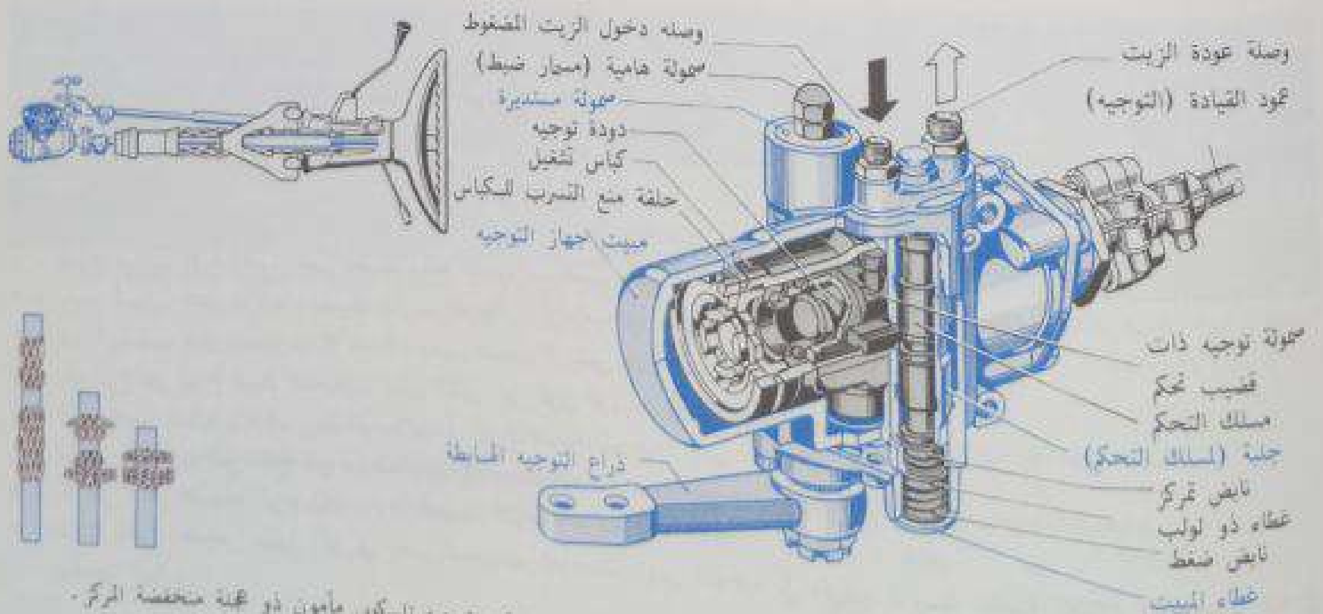
أدت الأوزان الكبيرة للمركبات إلى جانب السرعات الكبيرة، وكذلك الرغبة في الحصول على أكبر قدر من الراحة أثناء قيادة المركبة، إلى ابتكار أجهزة تساعد السائق في عملية التوجيه. وتنقسم هذه الأجهزة إلى عدة طرازات:

توجيه هيدرولي مع استخدام مجموعات تروس توجيه. يتم في هذه الطرازات تكبير قوة التوجيه التي يبذلها سائق المركبة، بواسطة ضغط الزيت، إذ يقوم صمام تحكم بتحديد تيار الزيت المتدفق. ويثبت هذا الصمام عند عجلة القيادة، ويتم تشغيله بواسطة عمود القيادة (التوجيه). ففي التصميم مدمج التركيب (شكلا ٢٣٩ - ١أ، ٢٣٩ - ٢)، يضغط الزيت على كباس تشغيل موجود داخل مجموعة تروس التوجيه. أما في التصميم ذي التركيب نصف المدمج، فتركب أسطوانة التشغيل بحيث تكون منفصلة عن مجموعة تروس التوجيه. وتؤثر الأسطوانة في هذه الحالة على أذرع مجموعة التوجيه (شكل ٢٣٩ - ١ ب).

التوجيه الهيدرولي الكامل (شكل ٢٣٩ - ١ ج). لا يوجد ارتباط أو اتصال ميكانيكي بين عجلة القيادة (التوجيه)، وأذرع مجموعة التوجيه في هذا الطراز. وعند إدارة عجلة القيادة (التوجيه)، تشغل مضخة تحكم على أن يقوم صمام تحكم بتحديد تيار الزيت المتدفق منها. ويمكن تثبيت كل من مضخة التحكم وصمام التحكم وأسطوانة التشغيل في أي مكان بالمركبة، بحيث يكون كل منها مستقلا بذاته.

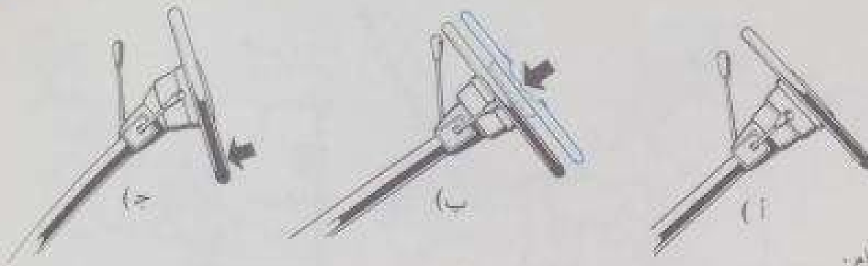
٦ - ٥ - ٤ تأمين أجهزة التوجيه

يمكن أن تحدث إصابات خطيرة للصدر من عمود القيادة (التوجيه)، عند وقوع حادث للمركبة. وقد أثرت الرغبة في إنتاج مركبات على درجة كبيرة من الأمان في حالة وقوع حادث، على تصميمات مجموعة التوجيه. فعلى سبيل المثال، يتم تصميم عجلة قيادة

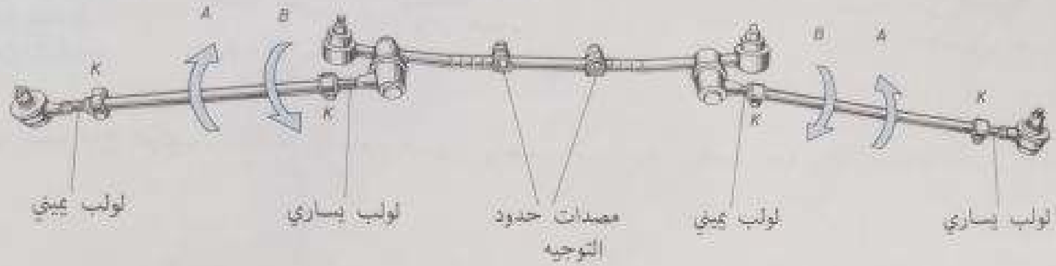


٢٣٩ - ٣ عمود توجيه تلسكوبي مأمون ذو عجلة منخفضة المركز.

٢٣٩ - ٢ توجيه مؤازر من إنتاج شركة دايملر بنز



٢٤٠ - ١ جهاز توجيه مأمون ذو قرص ووعاء اصطدام.



٢٤٠ - ٢ ضبط تقارب العجلات الأمامية في حالة ذراع أثر ذي ثلاثة أجزاء، K مسامير ملولبة لإحكام الربط، A اتجاه الدوران إذا كان تقارب العجلات الأمامية أكبر من اللازم، B اتجاه الدوران إذا كان تقارب العجلات الأمامية أصغر من اللازم.

(توجيه) ذات مركز أكثر انخفاضا عن إطارها الخارجي، بدلا من الطراز المستوي (شكل ٢٣٩ - ٣)، أو يثبت قرص اصطدام (لوح عارض) في النهاية العليا لعمود التوجيه (شكل ٣١١ - ١). أما أكثر المركبات أمانا، فهي تلك التي تستخدم عمود توجيه تلسكوبي (تتداخل أجزاؤه في بعضها البعض) (شكل ٢٣٩ - ٣)، ويحتوي هذا العمود على جزء يتشكل عند الاصطدام (شكل ٢٤٠ - ١)، أو قد ينثني عمود التوجيه كله.

٦ - ٥ - ٥ ضبط مجموعة التوجيه

يجب إعادة ضبط تقارب العجلات الأمامية من جديد، بعد استبدال الوصلات المفصلية. ويستخدم لهذا الغرض جهاز ضوئي لقياسات المحور. وعند بدء الضبط يجب فك أجزاء الربط، ثم يبدأ في إدارة أذرع الأثر المتصلة بالعجلتين مباشرة. ويحتوي كل من هذه الأذرع على لولبين في نهايتيه، أحدهما يساري والآخر يميني، بحيث تتحرك الوصلات إلى الخارج أو إلى الداخل عند إدارة الأذرع. وبعد الانتهاء من ضبط الأثر، يجب إحكام ربط أعمدة الأثر بحرص ضد الدوران الذاتي. وتستخدم صواميل قمط أو صواميل مخروطية ذات رقيقة إحكام معدنية لإحكام الربط، علاوة على مشابك الإحكام (شكل ٢٤٠ - ٢).

تقاس القوى اللازمة لتحريك عجلة التوجيه، بواسطة جهاز قياس العزوم (تورشيومتر Torsiometer)، أثناء إجراء الضبط. وعند إعادة ضبط مجموعة تروس التوجيه، يجب فك أذرع الأثر.

الملخص:

- تعتبر مجموعة التوجيه عامل هام لتأمين القيادة ولتأمين التوجيه، ويجب ضبط ما يلي: وضع العجلات وخلوص الوصلات المفصلية، والخلوص في مجموعة تروس التوجيه.
- يجب أحكام الربط بعد الانتهاء من الضبط.

أسئلة:

١ - إشرح أسباب أهمية إعادة فحص وضبط وضع العجلات عقب وقوع حادث كبير لمركبة.
٢ - وضح أسباب عدم الاكتفاء بضبط تقارب العجلات الأمامية في حالة ارتعاش العجلات.
٣ - لماذا يتسبب ميل العجلات الأمامية، وميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران في تخفيف قوى التوجيه؟
٤ - بأي نوع من أنواع ضبط العجلات يمكن التأثير على قوى الارتداد إلى الوضع الأصلي؟
٥ - لماذا تجب العناية بإحكام ربط الوصلات في أذرع مجموعة التوجيه؟
٦ - ما هي العواقب التي تنتج عن استخدام ذراع أثر مثني؟
٧ - ما هي أعمال الصيانة الواجب إجراؤها لمجموعة التوجيه بمركبة؟
٨ - لماذا يظهر الخلوص بصور أكبر في بعض تصميمات مجموعات تروس التوجيه في الوضع الأوسط لعجلة القيادة (التوجيه) عنه في وضعيها النهائيين؟

٦ - ٦ الفرامل (المكابح)

٦ - ٦ - ١ ملاحظات عامة وتعليمات رسمية

لم يحز أي جزء من أجزاء المركبة على قدر من الاهتمام، وصدر بشأنه العديد من التعليمات، مثلما حدث بالنسبة للفرامل. ويجب على فني إصلاح (ميكانيكي) المركبات الإلمام بهذه التعليمات جيدا، قدر إلمامه بالمعلومات الفنية، لتأمين سلامة كل الأفراد المشتركين في حركة المرور. ويكفي أن نذكر في هذا المجال، أن الجهل بالتعليمات لا يعفي من العقاب. والمعلومات التالية مأخوذ بعضها من لوائح المرور في بعض الدول الأوروبية، على سبيل المثال، وسيق البعض الآخر بطريقة منطقية للاستدلال على ما يمكن معرفته، وما تحتويه هذه التعليمات في النواحي التالية:

- نظام تراخيص المرور على الطرق.
- التعليمات الخاصة باستخدام المركبات الآلية في نقل الأشخاص.

والجدير بالذكر أن لوائح المرور يرجع الحكم فيها إلى الأنظمة الصادرة في هذا الشأن من الوزير المختص، الذي تتبعه إدارة المرور.

وطبقا للوائح السابق ذكرها فإنها تنص على حتمية وجود وحدتي فرامل مستقلتين عن بعضهما، أو وحدتي فرامل تعملان بتجهيزتي تشغيل مستقلتين، بحيث تعمل إحداها عندما تصاب الأخرى بعطب. لذلك تزود المركبات العصرية بمجموعات الفرامل التالية:

- فرملة القدم: وتستخدم أثناء القيادة، وتؤثر على العجلات الأربع.
- فرملة اليد، وتستخدم كفرملة تثبيت أثناء الوقوف. وغالبا ما يقتصر تأثيرها على العجلتين الخلفيتين فقط.
- الفرملة الدائمة (الفرملة الثالثة) ابتداء من تاريخ ١/١/١٩٥٨، ينص القانون في بعض الدول على تركيب هذا النوع من الفرامل في الحافلات التي تزيد حمولتها عن 5,5 t، وكذلك في الشاحنات والمقطورات التي تزيد حمولتها عن 9t، والمقطورات التدرجية إذا زاد الحمل الواقع على محاورها عن 9t.

وتحدد التعليمات في معظم بلدان أوروبا القيم المتوسطة لتقاصر الكبح عند استخدام كل من فرامل اليد (التثبيت)، أو فرامل القدم (التشغيل) على حدة، وقد ظل هذا النظام معمولا به إلى أن أصبحت النسبة المئوية الفرملية، هي القيمة الإسنادية التي يُرجع إليها عند التصريح للمركبة بالسير. وتعتبر هذه النسبة المئوية منخفضة نسبيا للمركبات المستخدمة حاليا، عند مقارنتها بالقيم المطلوبة في التراخيص الجديدة:

$$\text{النسبة المئوية الفرملية (a)} = \frac{\text{مجموع القوى الفرملية على محيط العجلة}}{\text{وزن المركبة}} \times 100\%$$

$$\text{أو } a = \frac{\text{تقاصر الكبح}}{\text{عجلة الجاذبية الأرضية}} \times 100\%$$

وإذا استخدمت الصيغة الثانية قيمة a فيجب التعويض بالقيمة القصوى لتقاصر الكبح (b_{max}). وهذا يعني أن النسبة المئوية الفرملية تبلغ 100% عند إيقاف المركبة بتقاصر مقداره 9,81 m/s². ويجوز عموما الحساب بالقيمة التقريبية 10,0 m/s².

وينطبق ما سبق على جميع القيم المتوسطة التي يمكن استنباطها من الشكل ٢٤١ - ١. أما بالنسبة للمركبات المستخدمة حاليا فتنطبق عليها القيم التالية:

	قوة التشغيل القصوى بوحدة (N)						النسبة الفرملية				
	دراجات نارية		مركبات آلية			مقطورات	دراجات نارية	مركبات آلية		مقطورات	
	F_f	F_h	F_f	F_h G ≤ 2,5 t	F_h G > 2,5 t	F_h		حتى 20 km/h	أكثر من 20 km/h	حتى 20 km/h	أكثر من 20 km/h
SBS	500	250	800	–	–	400	30	25	40	25	40
LBS	–	–	800	400	600	–	–	20			

SBS = تجهيزة فرملة التشغيل (القدم) = Service Brake System

F_f = قوة دفع القدم

FBA = تجهيزة فرامل التثبيت (اليد) = Locking Brake System

F_h = قوة شد اليد



٢٤١ - ١ القيم المناظرة للنسبة المئوية الفرملية (a) مع أقصى تقاصر (b_{max})

وطبقا للوائح المتبعة، يجب فحص المركبات دوريا، وهناك ثلاث مراحل للتفتيش، وهي الفحص الرئيسي (MT) Main Test، والفحص البيني (IT) Intermediate Test، والفحص الخاص للفرامل (BST) Brake Special Test.

وتجرى الفحوص التالية أثناء الفحص الرئيسي والفحص البيني:

١ – التجهيزات (MT).
٢ – وسائل وأجهزة الإضاءة والإشارات (IT, MT).
٣ – التوجيه (IT, MT).
٤ – تجهيزة الفرامل (IT, MT).
٥ – الإطارات (IT, MT).
٦ – هيكل المركبة والمحرك ومجموعة نقل الحركة (IT, MT).
٧ – الضوضاء وغازات العادم (IT, MT).
٨ – الوقاية ضد الحرائق والتخلص من التداخل الناشئ عن الشرارة (MT).
٩ – التجهيزات الخاصة بالحافلات وسيارات الأجرة... إلخ.

مجال الفحص الخاص بالفرامل (BST): ويشمل المظهر الخارجي والفحوص الداخلية للأجزاء. وتتحدد هذه تبعا لنوعية تجهيزة الفرملة المستخدمة. كما يتضمن هذا الفحص اختبار فعالية الكبح. ويجرى الفحص (BST) على المركبات التي تستخدم الهواء المضغوط، أو نظام الهواء المضغوط والزيت الهيدرولي في تجهيزات الفرملة.

الجدول الزمني للفحوص:

نوع المركبة	عدد الشهور التي يجرى بعدها الفحص MT	IT	BST	دفتر الفحص*
١ – سيارات ركوب الأشخاص – شاحنات متعددة الأغراض – دراجات نارية – أنواع أخرى من المركبات (غير المذكورة في البنود من ٢ إلى ٧)	24	–	–	–
٢ – سيارات ركوب الأشخاص والدراجات النارية التي تؤجر للجمهور بدون سائق	12	3	–	يوجد
٣ – سيارات لنقل ركاب يزيد عددهم عن ثمانية	12	3	12	يوجد
٤ – سيارات الأجرة (التاكسي) وسيارات التأجير وسيارات الإسعاف.	12	–	–	يوجد
٥ – الشاحنات والمقطورات التي يلزم لها ترخيص مرور، ذات وزن كلي يبلغ، أ) أقل من 91	12	–	–	–
ب) أكثر من 91	12	6	12	يوجد
٦ – مركبات الجر أ) حتى سرعة 20 km/h	24	–	–	–
ب) أكثر من 20 km/h	12	–	–	–
جـ) بقدرة ابتداء من 41 kW، وبسرعة أكبر من 40 km/h	12	6	12	يوجد
٧ – مقطورات ذات محور واحد (ذات وزن كلي بالحمولة أقصاه 1500 kg)، ومقطورات السكن (الرحلات)	24	–	–	–

* يجب استخدام دفتر لتسجيل هذه البيانات، بالنسبة للمركبات التي يتم فحصها في الورشة الخاصة.

ملاحظة: عند إجراء الفحص الرئيسي: يجب ألا يكون قد مضى على إجراء الفحص الخاص بالفرامل أكثر من ثلاثة شهور.
ويغني الفحص الرئيسي عن الفحص البيني.
تضاعف الفترة بين موعدي فحصين رئيسيين لأنواع المركبات المذكورة تحت البنود ١، ٤ و ٥أ و ٦أ، إذا قام المالك بإجراء فحص
شامل مكافئ للفحص IT في الورش المعترف بها رسميا، وقام بإصلاح الأعطاب التي يظهرها الفحص، كل ستة شهور (تصبح هذه المدة
عاما كاملا، في حالة سيارات ركوب الأشخاص).
يتم إجراء الفحوص الرئيسية بمعرفة هيئات رقابة رسمية، بينما يتم إجراء الفحص البيني، والفحص الخاص للفرامل في ورش صيانة
واختبار الفرامل المعترف بها رسميا.
يتم تسجيل الأداء الفرملي على جهاز رسم بياني في هذه الورش المرخص لها بذلك، حيث يسجل معدل الكبح بالإضافة إلى تطور
قوة القدم المسلطة على دعسة الفرملة مع الزمن. وتعطي هذه الرسوم البيانية صورة واضحة عن حالة تجهيزة الفرامل إلى جانب ذلك.
يجب عند إجراء الفحوص – لبعض أنواع معينة من المركبات – تسجيل نتائج الفحوص الثلاثة في دفتر اختبار خاص بذلك.
ويقوم المسؤول عن الفحوص بالتوقيع على صحة هذه البيانات.
وتخضع المركبات الخاصة بالجيش وسلاح الحدود، ومركبات هيئة السكك الحديدية، وهيئة البريد لأنظمة فحوص خاصة.
ويقوم المجلس الاقتصادي لأوروبا (ECE) – وهو مجلس دائم تابع للأمم المتحدة (UN)، ومقره جنيف – بتوحيد شامل للتعليمات
الفنية ومنها تلك الخاصة بالفرامل.
ويجب التنويه إلى أن المعلومات المذكورة عاليه قد سيقت بدون ضمان لصحتها. وللتأكد منها يجب الرجوع إلى الأصول الخاصة
بتعليمات المرور.

أسئلة :

١ - ما هي الأنواع الثلاثة لتجهيزات الفرامل التي تنص عليها التعليمات، وما هي وظيفة كل منها؟
٢ - ما هو المقصود بتعبير النسبة المئوية الفرملية؟
٣ - ما هي الفحوص التي يتم إجراؤها للتأكد من سلامة المركبة بصفة دائمة؟
٤ - ما هو فحوى الفحوص التي تجرى على المركبة؟
٥ - أذكر مدة صلاحية الفحوص المختلفة.
٦ - ما هي الحالات التي يسمح فيها باستثناءات في الفحوص؟

٦-٦-٢ عملية الكبح (الفرملة)

يمكن تمثيل المركبة المتحركة المحملة، بكتلة ذات طاقة حركة كبيرة، يتم إيقافها أو تقليل سرعتها بواسطة الفرملة. ويمكن الاستدلال على مقدرة أداء تجهيزة الفرامل من قصر مسافة الإيقاف (ليس هذا هو الدليل الوحيد على هذه المقدرة). ومن الواضح أن طول المسافة التي تقطعها المركبة أثناء تشغيل الفرامل يتأثر بعوامل كثيرة أهمها:

- السرعة عند بدء الكبح. لا تتضاعف مسافة الإيقاف عند مضاعفة السرعة، وإنما تكبر إلى أربعة أمثال المسافة الأصلية، أذ إنها تتناسب مع مربع السرعة. ويمكن حساب مسافة الإيقاف في الحالة المثالية كما يلي:

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

حيث:

v = السرعة بوحدة (m/s)

a = التقاصر (العجلة التقصيرية) بوحدة (m/s^2)

أما في الحياة العملية فتستخدم الصيغة التالية لحساب:

$$s = \left(\frac{v}{10}\right)^2$$

حيث تكون v بوحدة (km/h)

- انتقال القوة من العجلة إلى سطح الطريق. تعطي عجلة المركبة التي تكون على وشك التوقف عن الدوران - وليس تلك المتوقفة تماما - أصغر مسافة إيقاف، كما يؤثر كل من جودة مادة صنع الإطار وعمق النقش على سطحه، إلى جانب حالة سطح الطريق على مسافة الإيقاف.
- ارتفاع درجة حرارة أجزاء الفرملة التي تحتك ببعضها (يؤدي تولد كمية كبيرة من الحرارة إلى تشوه الأجزاء المعرضة لهذه الحرارة، وبالتالي إلى خفض كفاية أداء الفرملة)
- تغير أحمال المحاور، من المعروف أنه عند تشغيل الفرملة يخف الحمل على المحور الخلفي، ويزداد على المحور الأمامي. وعند عدم استخدام تجهيزات خاصة، لا يمكن كبح أي مركبة إلا بالقدر الذي يسمح به المحور ذو التحميل الأقل، فدائما ما تبدأ عنده إعاقة دوران العجلات أولا (الانزلاق).

وعند أخذ جميع العوامل المذكورة في الاعتبار، نجد أن مسافة الإيقاف أكبر من المسافة المستنتجة حسابيا في الحالة المثالية. أما في الحياة العملية، فيجب عدم المبالغة عند افتراض القيم الفعلية للعجلة التقصيرية لعملية الكبح بكاملها. بل يجب مراعاة سرعة التجاوب (رد الفعل) الشخصية لسائق المركبة، ومدى تأثيرها الحاسم على طول مسافة الإيقاف (مسافة الكبح).

٦-٦-٣ الطرازات المختلفة لفرامل العجلات

تمثل الفرامل القرصية إضافة جديدة للفرامل ذات الدارة (المكابح الدارية)، والتي عم استخدامها لفترة طويلة. وتتناول أجزاء من هذا الباب تجهيزات الكبح الإضافية الحديثة بالتوضيح، ومنها المبطئ الهيدرولي المعروف باسم (Retarder)، وفرملة التيار الدوامي وفرملة المحرك، التي تعتبر من أجهزة تشغيل الفرملة الدائمة.

الفرامل ذات الدارة (المكابح الدارية): وتتكون من الدارة وهو الجزء الدوار المثبت مع صرة العجلة، والجزء الثابت وهو غطاء (حامل) الفرملة (شكل ٢٤٤ - ١). ويحمل الغطاء لقم (أحذية) الفرامل، وعددها في الغالب اثنان، علاوة على الأجزاء اللازمة لضغط اللقم (الأحذية) إلى الخارج تجاه سطح الدارة. ويمكن أن تتخذ أجزاء الضغط هذه أحد الأشكال التالية:

- حدبات على شكل الحرف S في حالة التصميمات القوية.
- خوابير شد تؤثر على اللقم عن طريق بكرات صغيرة.
- روافع انفراج ذات نسبة تكبير عالية، وتستخدم في المقطورات الثقيلة.
- مجموعة روافع يطلق عليها أيضا اسم الموجهات.
- أسطوانات الفرامل الهيدرولية للعجلات بجميع أنواعها.

وعند الرجوع إلى الخلف فإن الوضع ينعكس. ويبين الجدول التالي أنواع فرامل العجلات ذات الأسطوانات الهيدرولية المستخدمة في سيارات ركوب الأشخاص:

الاسم	الخواص (الصفات)	التأثير	الشكل التخطيطي
فرملة سيمبلكس	تحتوي على لقمة رئيسية ولقمة ثانوية، لكل من اتجاهي دوران دارة الفرملة (حركة المركبة إلى الأمام، أو إلى الخلف). ويفضل استخدامها في العجلات الخلفية لسهولة تركيب الأجزاء الخاصة بفرملة اليد بها.	النوع الوحيد من الفرامل ذات الدارة، الذي يطرأ على قوة كبحه أقل تغير، كنتيجة لتغير معامل الاحتكاك (بتخفض معامل الاحتكاك بارتفاع درجة الحرارة).	
فرملة دوبلكس	تكون اللقمتان رئيسيتين عند تحرك المركبة إلى الأمام، وتصبحا ثانويتين عن سير المركبة إلى الخلف. يفضل استخدامها في العجلات الأمامية، تخصص لكل عجلة أسطوانتي فرملة.	متوسطة الحساسية لانخفاض معامل الاحتكاك، تأثير الفرملة منخفض جدا، في حالة سير المركبة إلى الخلف.	
فرملة ديو – دوبلكس	تحتوي على لقمتين رئيسيتين في كلا اتجاهي الدوران، وبها أسطوانتا فرملة في كل عجلة بنفس التصميم المستخدم في فرملة سيمبلكس.	تأثير فرملي قوي عند ثبات معامل الاحتكاك (فرملة باردة): فرملة سيمبلكس = 100% فرملة دوبلكس = 150% فرملة مؤازرة (Servo) = 250%	
عند تشغيل الفرملة، تقوم الدارة بسحب اللقمة الرئيسية بقوة معينة. وتنحصر الصفة المشتركة لأنواع الفرامل الآتية، في انتقال هذه القوة من اللقمة الرئيسية إلى اللقمة الثانوية:			
الفرملة المؤازرة (حذاء الفرملة العائم)	تمتاز بإمكانية تحرك اللقمة الرئيسية في اتجاه اللقمة الثانوية، عند محل الارتكاز، وتكون اللقم عائمة داخل الدارة. ملاحظة: يعلق نابض إرجاع قوي في اللقم الثانوية المحافظة على تمركز اللقم.	عند السير إلى الأمام، تنتج قوة ضغط إضافية تعطي أقصى قوة فرملية، ويتشابه تأثيرها عند السير إلى الخلف مع تأثير فرملة سيمبلكس. تمتاز بشدة حساسيتها لتغير معامل الاحتكاك.	
الفرملة المؤازرة الثنائية	حرية الحركة مكفولة بها في كل من الاتجاهين، عدا ذلك فهي مشابهة للفرملة المؤازرة.	قوة ضغط إضافية، عند الحركة للخلف أيضا.	

ويمكن تصميم كل نوع من هذه التجهيزات الفرملية بطرق مختلفة. ولذلك تختلف طريقة إعادة ضبط كل تصميم عن غيره. وتصبح إعادة الضبط ضرورية عند ازدياد شوط دعسة تشغيل الفرامل. ففي هذه الحالة يبدأ خطر عدم كفاية قوة الضغط. ويعتمد طول شوط دعسة الفرامل على مقدار خلوص الشوط (المسافة بين لقم الفرامل ودارة الفرملة، في وضع اللاكبح). ويتم الضبط الدقيق للقم الفرامل بلصقها بدارة الفرملة، ثم إرجاعها عن هذا الوضع، حتى يختفي صوت الاحتكاك بين اللقم والدارة عند الدوران.

ويزداد خلوص الشوط بازدياد عدد مرات الكبح ومدة الاستخدام، كنتيجة (لبلى) بطانة لقم الفرامل. ويجب في هذه الحالة إرجاع اللقم إلى وضع قريب من دارة الفرملة (إعادة الضبط).

ويتم الضبط كما يلي:

- ضبط يدوي سلس: ويتم ذلك عن طريق تغيير وضع تجهيزة إكسنتريك قابلة للدوران، مركبة في حامل الفرامل، فيزاح مسمار سند ملولب في الاتجاه الطولي بواسطة صمولة لإعادة الضبط. ويثبت هذا المسمار، إما في أسطوانة فرامل العجلة، أو في محل الارتكاز.
- ضبط تلقائي (أوتوماتي) متدرج: تتم إعادة الضبط عن طريق جريدة مسننة تتعشق تلقائيا في فك قابض لإعادة الضبط.
- ضبط تلقائي (أوتوماتي) سلس: ويتم باستخدام تجهيزة احتكاك قابضة.

دارة الفرملة: من أرخص طرق تصنيع دارة الفرملة، تشكيلها بالكبس من ألواح فولاذية، وذلك في حالة صغر الإجهادات الواقعة عليها. وتكتسب الدارة جساءتها المطلوبة من حافتها المثنية.

ويفضل استخدام الدارات المصبوبة، والتي تصنع من حديد الزهر البرليتي، أو من حديد الزهر الطروق الأبيض أو الأسود أو من الفولاذ أو الفولاذ المصبوب. ويتخلص السطح الخارجي للدارة، المعزز بزعانف كثيرة، من الحرارة المتولدة بسرعة. كما تصنع دارات من السبائك الخفيفة (سبائك الألومنيوم) محشور بداخلها حلقة من حديد الزهر لنفس السبب. ويمكن الحصول على معامل انتقال حرارة مرتفع بين الحلقة والإطار المصنوع من المعدن الخفيف، باستخدام طريقة السباكة المؤلفة، وهي تستخدم في عمليات تصنيع جسم أسطوانات المحرك. ومن الأمور الهامة أيضا، أن تحتفظ دارة الفرملة بشكلها الدائري، عند درجات الحرارة العالية، إذ قد تتخذ شكلا

بيضاويا أو مخروطيا أو برميليا أو أي شكل بيني آخر، نتيجة تأثير حرارة الاحتكاك الزائدة عن الحد. وتتسبب لقم الفرامل أيضا في تغيير شكل سطح الدارة، تحت تأثير القوى الكبيرة التي تنشأ عند تشغيل الفرامل.

ويمكن خراطة الأسطح الداخلية للدارة في حدود معينة لإعادتها إلى شكلها الأصلي وإعادة تأثيرها الفرملي. ويجب صقل السطح بالتجليخ، بعد إنجاز خراطة التنعيم، أو حتى باستعمال ورق السنفرة يدويا، إذ يزيد السطح الناعم من قوة التأثير الفرملي، وتتسبب الأسطح الخشنة في إتلاف بطانة اللقم بسرعة أكبر. وعند الخراطة الداخلية، يجب مراعاة عدم تجاوز الأبعاد المسموح بها التي يحددها المنتج. كما يجب استخدام بطانات فرامل تناسب الدارات المعاد خراطتها، بحيث تظل العلاقة التالية صحيحة:

نصف القطر الداخلي للدارة = نصف قطر اللقمة + سمك البطانة

ويحظر إجراء الخراطة الداخلية للدارة في الحالات التالية:

- إذا وصلت أبعاد الدارة إلى الأبعاد القصوى التي يحددها المنتج.
- إذا ظهرت تشققات على سطح الدارة المستعمل للفرملة.
- إذا وجدت آثار احتراق على سطح الدارة المستعمل للفرملة.
- إذا كان تشوه الشكل الدائري كبيرا إلى حد يتعدى الأبعاد القصوى المنصوص عليها في التشغيل.
- إذا كانت الشركة المنتجة تنصح بعدم إعادة الخراطة.

ويمكن بطريقة بسيطة التأكد من كفاية الأداء الوظيفي للدارة، بعد إعادة خراطتها داخليا، عن طريق تعليم السطح المستعمل للفرملة، في عدة أماكن بعلامات سميكة مستعرضة بطباشير خال من الزيت والدهون. ويدل الاختفاء الكلي لهذه العلامات بعد تشغيل الفرملة على جودة أدائها الوظيفي.

الفرملة القرصية: كان الطراز الوحيد للفرملة القرصية الذي استخدم بنجاح في المركبات هو الفرملة القرصية الجزئية. ولهذا النوع من الفرامل سرج، إما أن يكون ثابت (شكل ٢٤٦ – ١أ)، أو قابل للحركة (سرج عائم)، في اتجاه المحور (شكل ٢٤٦ – ١ب). وغالبا ما يتخذ قرص الفرملة شكل الوعاء. ويركب القرص متمركزا على وسط الصرة. وتستخدم المسامير الملولبة للعجلات لتثبيته مع شفة الصرة. ويحيط السرج الحامل بأقراص الفرامل بطريقة كلابية (كماشة) من الخارج غالبا. كما توجد أنواع أخرى يُمسك فيها السرج من الداخل. ويتم تثبيت السرج بجزء ثابت في المركبة. ويمكن وضعه قبل محور العجلة أو بعده (بالنسبة لاتجاه السير).

وتستخدم الفرامل القرصية غالبا كفرامل تشغيل أساسية. وعند استخدامها كفرامل تثبيت – عن طريق ذراع فرامل اليد إلى جانب ذلك – يجب أن تؤثر أجزاء ميكانيكية إضافية على بطائن الفرامل (شكل ٢٤٧ – ١ من أ إلى هـ).

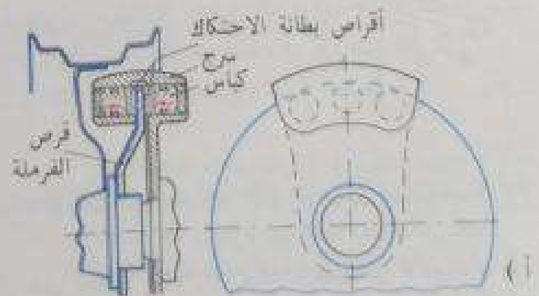
الصيانة: تقل أعمال الصيانة اللازمة لهذا النوع من الفرامل عنها في الفرامل ذات الدارة. ويساعد كل من التصميم المفتوح وترتيب الفرامل القرصية، على سهولة الوصول إليها (للفك والتركيب)، وسهولة إجراء الفحص الظاهري لها. وتشمل أعمال الصيانة ما يلي:

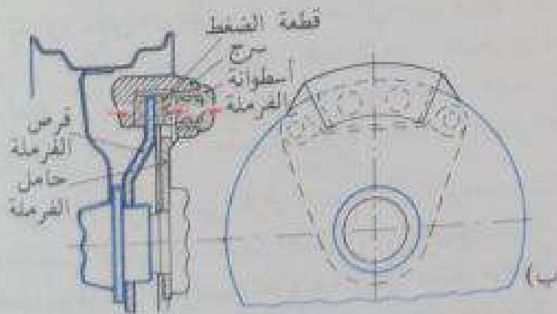
- فحص دوري وعلى فترات متقاربة لمستوى سائل الفرامل في الوعاء الخاص به.
- فحص دوري لسمك بطانة القرص، على أن تقصر الفترات بين الفحوص للسيارات الرياضية.
- فحص دقيق لأنابيب (مواسير) التوصيل، لاكتشاف ما قد يصيبها من تلف.

وعند غسل المركبة من أسفل بالرش، يجب عدم تعريض أقراص الفرامل، أو الخراطيم الخاصة بها للرذاذ المتناثر. ويجب تغطية هذه الأجزاء عند الضرورة.

كما يجب غسل أقراص الفرامل بالمذيبات المعروفة لإزالة طبقات مواد الحفظ التي تغطى بها، في حالة المركبات الجديدة قبل تسليمها. وكما هو واضح فإن هذه المواد تصل إلى بطانة الفرملة، وتتسبب في تلفها وفي تآكل القرص.

ولا تحتاج الفرامل القرصية لإعادة ضبط، حيث أنها مزودة بتجهيزة تلقائية (أوتوماتية)، تعمل إما ميكانيكيا أو هيدروليا.

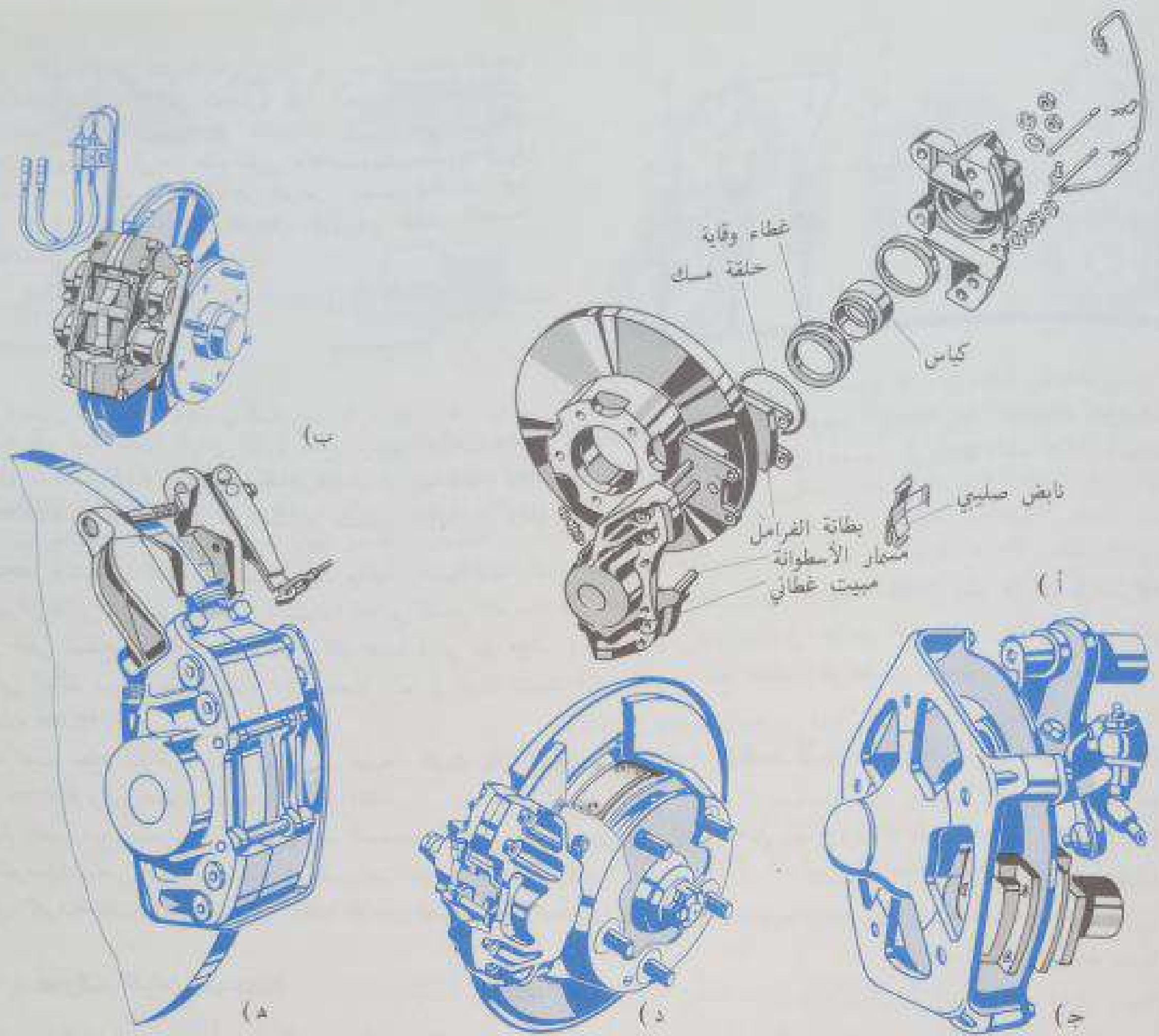




٢٤٦ – ١

أ) فرملة قرصية جزئية ذات سرج ثابت. عند تشغيل الفرملة يضغط الكباس أقراص بطانة الاحتكاك ضد قرص الفرملة، ويتلاشى هذا الضغط أثناء سير المركبة.

ب) فرملة قرصية ذات سرج متحرك في اتجاه المحور. يضغط الكباس على سطح القرص المواجه له فقط، وينتقل هذا الضغط إلى القرص الآخر، نتيجة لقابلية السرج للتحرك.



٢٤٧ - ١ الفرامل القرصية.

أ) أجزاء الفرملة في تمثيل مفكك. لا تحتوي التصميات الحديثة على ماسورة التوصيل، التي كانت وظيفتها توصيل سائل الفرامل إلى خلف الكباس الموجود في الجهة الأخرى، حيث استعيض عنها بثقوب في المبيت تقوم بهذه الوظيفة. ويمكن أيضا الاستغناء عن عراوي التأمين، إذا استخدمت جلب ربط في نهايات أصابع (بنوز) التثبيت.

ب) تجهيزة من طراز ذي أربعة كباسات تستخدم بكثرة في تجهيزة الفرامل ذات الدورتين.

ج) الفرملة ذات السرج الداخلي. إذا قورنت حلقة الفرملة بقرص الفرملة، نجد أن قطر الحلقة أكبر، مما يؤدي إلى خفض القوى اللازمة لتشغيل الفرملة. هذا النوع مصمم أساسا كوحدة كاملة قابلة للاستبدال.

د) يضم هذا التصميم المشترك فرملة ذات دارة وأخرى قرصية، حيث تعمل الفرملة ذات الدارة كفرملة تثبيت (فرملة يدوية)، عن طريق توصيلة ميكانيكية تحرك يدويا. ويستخدم هذا التصميم للمحور الخلفي.

هـ) يمكن عن طريق استخدام سرج آخر، تثبيت وإيقاف المركبة (فرملة تثبيت الإيقاف). وكما يتضح من الشكل، فإن مساحة البطانة هنا تكون أصغر، مما يتطلب بذل قوى تأثير كبيرة عن طريق الرافعة. وتحاول التصميات الحديثة ضغط كباس فرملة التشغيل من الخلف ميكانيكيا تجاه القرص. وعند استخدام الطراز ذي الأربعة كباسات مع وجود فرامل قرصية على كل العجلات، يتم تشغيل كباسين من الكباسات الأربعة على كل عجلة خلفية بهذه الطريقة.

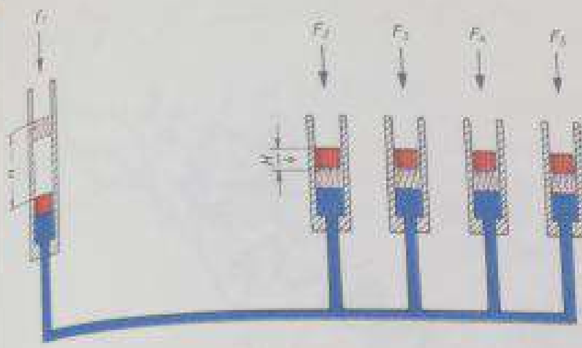
الإصلاح: إن إصلاح هذا النوع من الفرامل بسيط. وغالبا ما ترفق تفاصيل التركيب والإصلاح مع قطع الغيار المتوفرة في المتاجر.

وتحتاج الفرامل القرصية إلى أعمال الإصلاح التالية:

- يجب استبدال بطانة الفرملة إذا قل سمك البطانة عن 2mm. ويجرى ذلك لكل بطائن المحور الواحد معا. ويجب مراعاة عدم الخلط بين البطائن. ويقصد بالسمك المذكور، سمك مادة البطانة الملصقة فوق الشريحة المعدنية.
- يمكن فك السرج عند الضرورة، مع مراعاة استبدال كل من حلقات منع التسرب وأغطية الوقاية، والمسامير الملولبة والصواميل والحلقات النابضة، بأخرى جديدة عند إعادة التركيب.

ويجب على من يقوم بالفك والتركيب أن يكون ملما بالقواعد المتبعة إلماما تاما. لا يحتاج هذا العمل إلى عدد خاصة بما في ذلك محددات القياس.

ولما كانت الإصلاحات تتطلب في غالب الأحيان ضغط الكباس إلى الداخل، لذا فيجب تشغيل دعسة الفرملة عدة مرات بعد الانتهاء من الإصلاحات، وقبل بدء تشغيل المركبة لكي تتخذ الكباسات والبطانات أوضاعها المناسبة لظروف السير. وقد يؤدي إهمال هذا



٢٤٨ - ١ تمثيل تخطيطي للفرملة الهيدرولية. عند تحميل السائل الموجود في الأسطوانة الرئيسية (أقصى اليسار) بقوة F_1 مقدارها 1000 N، تنتقل هذه القوة خلال السائل وتؤثر بالقوى F_2 إلى F_5 على أسطوانات العجلات. وتساوي كل من هذه القوى 1000 N. ويعتبر تساوي توزيع الضغط، أحد مميزات هذا النوع من الفرامل. وتعتمد نسبة نقل قوة القدم F_1 إلى قوة ضغط في الفرملة، على قيم الأقطار المختلفة للأسطوانات.

الإجراء إلى عدم كفاية الزمن اللازم لضخ سائل الفرامل بواسطة دعسة الفرملة في حالة ظهور مانع مفاجئ، ومن ثم عدم استجابة الفرامل استجابة كافية لإبطاء حركة المركبة أو إيقافها تماما. ويجب عدم تعريض لقم الفرامل الجديدة إلى إجهادات عالية لمسافة تبلغ نحو 200 km، كما يجب التأكد من مستوى سائل الفرامل في وعاء الإمداد والتعويض.

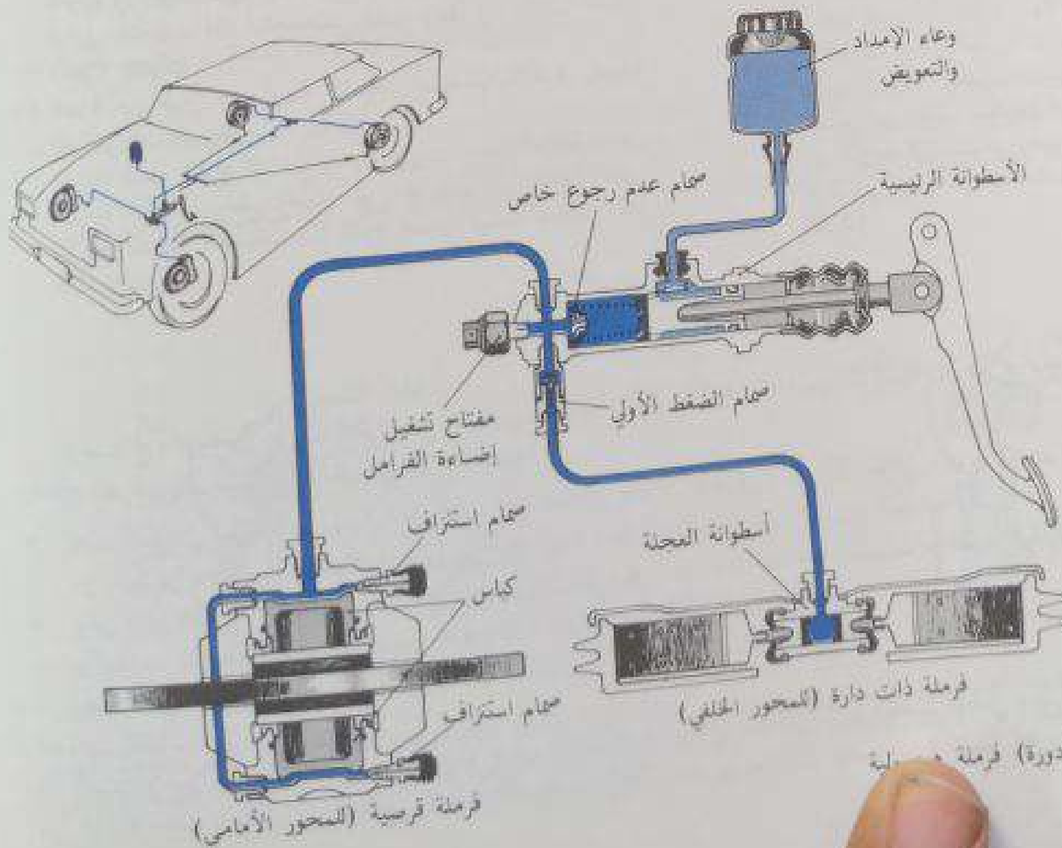
الفحص: تتطلب عملية الفحص تدقيقا واعيا وعناية فائقة أثناء القيام بالاختبارات التالية:

- يجب أن لا يزيد عدم الاتزان (الاستواء) الجانبي لقرص الفرملة عن 0,20 mm. وتقاس هذه القيمة للقرص وهو مركب في المركبة عند أكبر قطر لسطح الكبح. ويستخدم لذلك محدد قياس ذو مؤشر (ساعة قياس) مثبت في حامل خاص به. وقبل إجراء القياس، يراعى التأكد من ضبط خلوص محمل العجلة. أما في حالة تثبيت قرص الفرملة مع العجلة فيربط في ترتيب متصالب وبعزم ربط مقداره 100 Nm.
- عند تلف سطح القرص، يمكن في المعتاد تجليخه بحيث يقل السمك بنحو 0,5 mm ويجب ألا يزيد كل من تجاوز السمك المسموح به عن 0,02 mm وعمق خشونة السطح عن 0,004 mm.

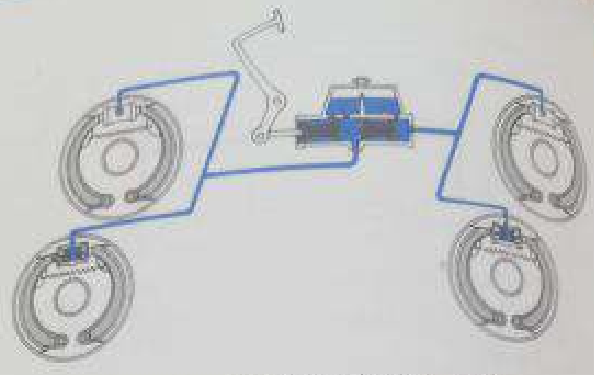
ويتم فحص منع التسرب في الفرامل عند الضغطين العالي والمنخفض وكذلك فحص تشغيل الإشارة الضوئية للفرملة (مفتاح التحكم في ضوء الفرملة) بنفس الأسلوب المتبع في تصميات الفرامل ذات الدارات، والجدير بالذكر أنه ليس للفرملة القرصية ضغط أولي، كما هو الحال في الفرملة ذات الدارة، إذ إن البطانة تلامس القرص دون ضغط.

٦ - ٦ - ٤ تجهيزات الفرامل الهيدرولية

يقتصر حاليا استخدام الأذرع الميكانيكية وكبلات الشد في المركبات الحديثة على تشغيل فرامل التثبيت (اليد) فقط. أما نقل القوة من دعسة الفرامل إلى العجلات فيتم هيدروليا في بعض أنواع المركبات وخاصة في سيارات ركوب الأشخاص، لأن هذا النظام يعمل على نقل القوى بكفاية عالية وتوزيعها على الفرامل بالتساوي. ويستخدم لهذا الغرض سائل فرامل خاص يمتاز بالخواص التالية:



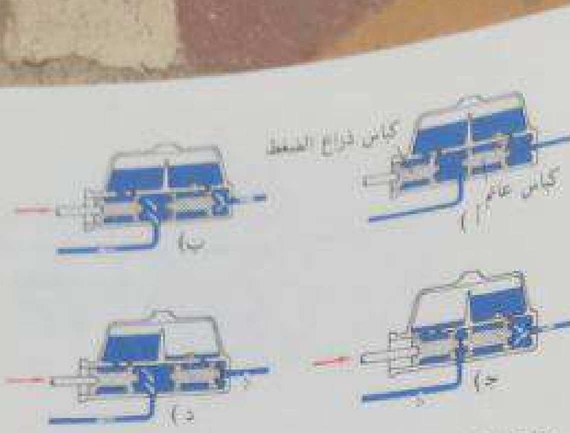
٢٤٨ - ٢ شكل توضيحي مبسط لنظام (دورة) فرملة [illegible]



٢٤٩ - ١ تمثيل تخطيطي لنظام (دورة) فرملة هيدرولية ذات دائرتين. تتم تغذية كل من المحور الأمامي والمحور الخلفي من الأسطوانة الرئيسية بطريقة منفصلة.

أ) الأسطوانة الترادفية الرئيسية في وضع السكون.

ب) عند تشغيل الفرملة، يتحرك كباس ذراع الضغط إلى الأمام ويتخطى ثقب الإمداد الخاص به (قارن بشكل ٢٥٠ - ٢)، ويبدأ في ضخ سائل الفرامل إلى العجلة المتصلة به فيرفع ضغط السائل.



يؤدي ارتفاع الضغط إلى دفع الكباس العائم، الذي يشغل بدوره الدائرة الثانية للفرامل

ج) تسرب من دائرة الفرامل الخاصة بالعجلات الأمامية.

د) تسرب من دائرة الفرامل الخاصة بالعجلات الخلفية. ويمكن السائق اكتشاف ذلك من تحول جزء من شوط دعسة الفرامل إلى شوط عاطل.

- نقطة (درجة حرارة) غليان مرتفعة - حوالي 200°C إلى 220°C.
- نقطة (درجة حرارة) تجمد منخفضة - حوالي -60°C إلى -65°C.
- يحتفظ بقدرته على التزليق عند الضغوط المرتفعة.
- لا يتسبب في تآكل (بلى) الأجزاء المعدنية والمطاطية لتجهيزة الفرامل.
- مستقر كيميائيا ولا يتأثر بالتقادم.
- درجة لزوجته ثابتة خلال كل مجال درجات حرارة التشغيل.
- تمدده ضئيل عند التسخين.

وتعمل أنظمة (دورات) الفرامل الهيدرولية بنفس الطريقة التي يعمل بها الكباس الهيدرولي (شكل ٢٤٨ - ١). ويمكن تقسيم الفرامل الهيدرولية طبقا لنوع التجهيزة وتصميمها كما يلي:

نظام (دورة) الفرملة الهيدرولية ذات الدائرة الواحدة (شكل ٢٤٨ - ٢): وتتميز بأسطوانتها الرئيسية القصيرة التي تخرج من نهايتها مواسير الفرامل. وتعمل عند تشغيل دعسة الفرامل كوعاء ضغط وحيد (منفرد). ويؤدي حدوث تسرب في أي جزء منها إلى انعدام أثر الكبح للتجهيزة كلها.

الفرملة الهيدرولية ذات الدائرتين (شكل ٢٤٩ - ١): يوفر هذا النوع من الفرامل درجة أمان كبيرة. وفيه تحتوي الأسطوانة الترادفية الرئيسية على كباسين بحيث تتم فرملة العجلات الأمامية منفصلة عن العجلات الخلفية. وتضمن بهذا بقاء استجابة الكبح في إحدى الدائرتين، عند حدوث عطب في الدائرة الأخرى. لذا فإن عدد المركبات المزودة بهذه التجهيزة في ازدياد مضطرد، بغض النظر عن نوع وعدد فرامل العجلات بها سواء كانت الفرامل المركبة قرصية أو دارية، وكان عدد السروج إثنان أو أربعة.

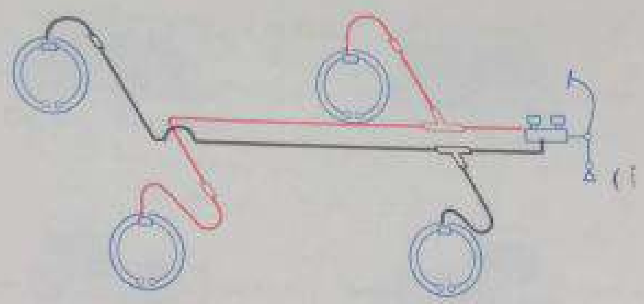
تجهيزات الفرامل متعددة الدوائر، والتوصيلات الخاصة ذات الدائرتين: وتستخدم هذه أحيانا في الإنتاج الفعلي للمركبات الآلية، بغية الوصول إلى درجة كبيرة من الأمان. ويجيء في المرتبة الأولى التخلص من خطر الكبح المفرط لأحد المحاور مقارنا بالمحور الآخر عند حدوث عطب في إحدى الدائرتين. ولهذا السبب يتم وصل أسطوانات العجلات المتقابلة قطريا في دائرة واحدة أو يتم تزويد سرج الفرملة بزوجين من الكباسات (شكل ٢٥٠ - ١).

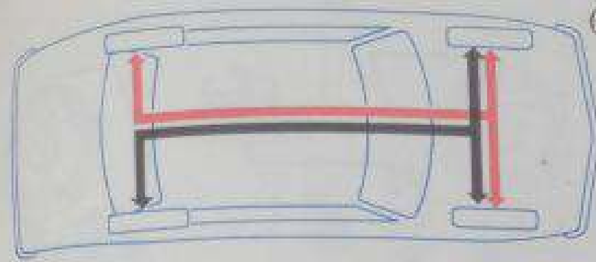
الأسطوانة الرئيسية: تبدأ عملية الكبح وكذلك عملية التحكم فيها من الأسطوانة الرئيسية، عند ضغط (تشغيل) دعسة الفرامل، فتتحول قوة القدم المؤثرة أو القوة المساعدة لها (هواء مضغوط - ضغط منخفض - مضخة) إلى ضغط هيدرولي منتظم (شكل ٢٥٠ - ٢)، يصل إلى جميع أسطوانات العجلات. ويتخذ وعاء الإمداد والتعويض للأسطوانة الرئيسية أشكالا متعددة. فقد يصب (يسبك) مع جسم الأسطوانات ككتلة واحدة، أو يوصل بالأسطوانة بواسطة وصلة ملولبة، أو يوضع في مكان منفصل عنها. ويمكن تزويد غطاء وعاء الإمداد والتعويض بوسيلة تحذير تبدأ عملها عند انخفاض مستوى السائل في الوعاء عن الحد الأدنى.

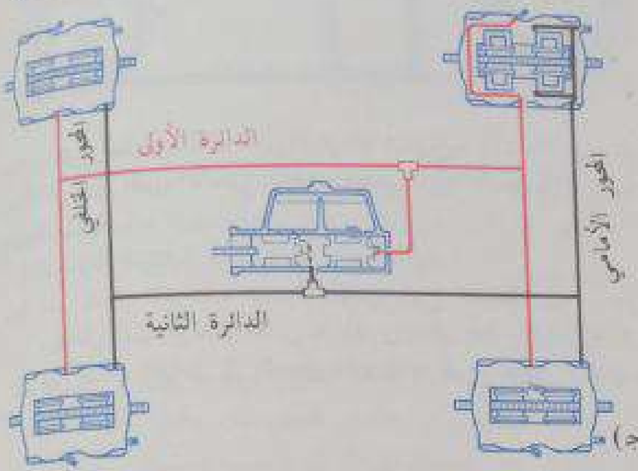
يتوقف أداء الفرامل لوظيفتها على الوجه الأكمل على الشروط التالية:

- يجب أن يعاد ملء المجموعة كلها تلقائيا عن طريق وعاء الإمداد والتعويض.
- يجب أن يكون السائل خاليا من الفقاعات الهوائية.
- يجب أن تكون استجابة الفرملة للكبح سريعة ومتوفرة في كل وقت.

تتحقق هذه الشروط عندما يعمل كل من ثقوب الإمداد والتعويض وحلقة منع التسرب الرئيسية وصمام عدم الرجوع في الأسطوانة الرئيسية في توافق زمني، سواء في حالة السكون أو أثناء تشغيل الفرملة. ويقوم كل جزء من أجزاء الأسطوانة الرئيسية بأداء وظيفة

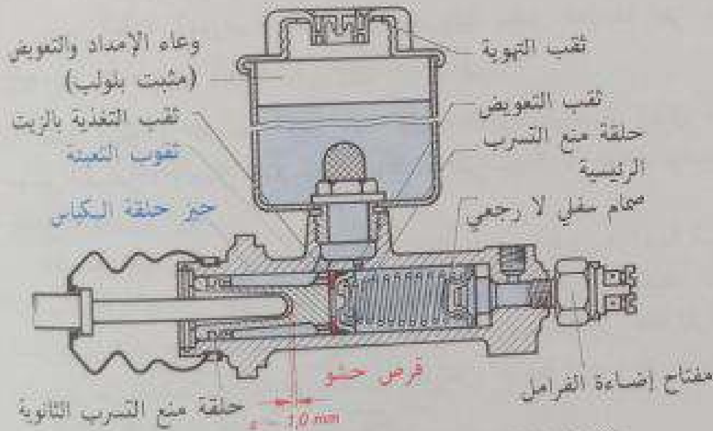




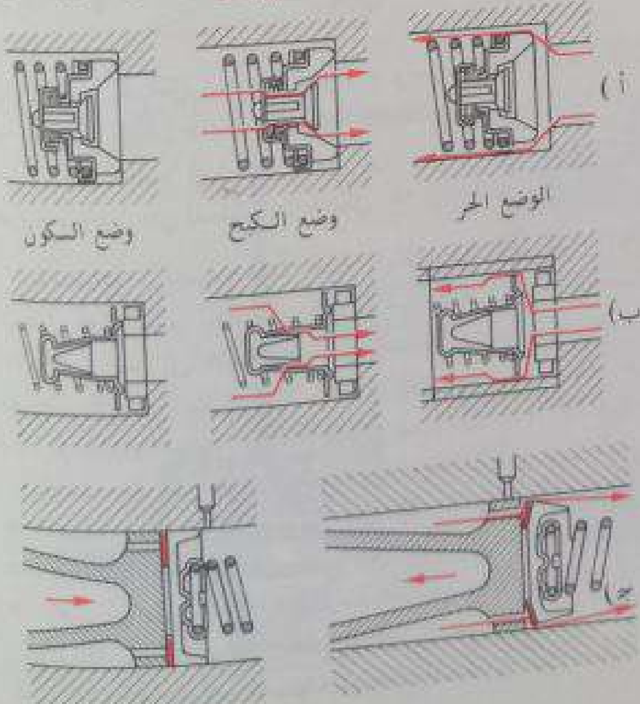


٢٥٠ – ١ توصيلة خاصة لنظام (دورة) فرملة ذات دائرتين؛ ويبين الشكل العجلات التي يمكن كبحها عند عطب أي من الدائرتين. وعند توصيل فرملة ذات دائرتين يجب معرفة أن شوطي الكباسين في بعض الأسطوانات الرئيسية الترادفية يكونان غير متساويين. في هذه الحالة يجب توصيل الغرفة ذات حجم الشوط الأكبر بأسطوانة العجلة ذات القطر الأكبر. أما في حالة تساوي أقطار أسطوانات العجلات فيتم التوصيل اختياريا.

خاصة وهامة، حتى ولو كان قرص حشو. فعلى سبيل المثال لا يجوز إجراء أي تغيير (أو تعديل) في النوابض. أما فيما يتعلق بمفتاح إضاءة الفرامل – الذي غالبا ما يثبت في الأسطوانة الرئيسية باللولبة – فيجب أن يستجيب عندما يصل ضغط السائل إلى قيمة تتراوح بين 3 bar و 6 bar.



٢٥٠ – ٢ قطاع خلال الأسطوانة الرئيسية لنظام (دورة) فرملة ذات دائرة واحدة. في وضع السكون لا بد وأن تكشف حلقة منع التسرب الرئيسية ثقب التعويض. لهذا السبب يترك خلوص مقداره 1 mm بين ذراع الضغط والكباس. ومن المهم تركيب قرص الحشو الذي يحمي حلقة منع التسرب الرئيسية من الثقب (بالقص) نتيجة لارتفاع الضغط في الكباس خلال ثقوب التعبئة.

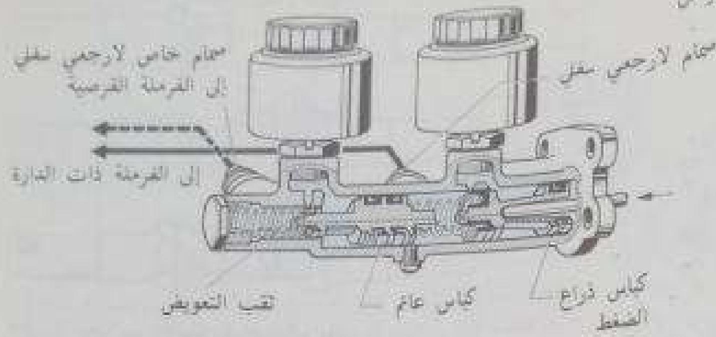


٢٥٠ – ٣ يجب العناية بالأجزاء التالية لكي تعمل الأسطوانة الرئيسية بكفاية وبدون أعطال:

أ و ب) صمام عدم الرجوع السفلي وهو ذو شكل مخروطي في الحالة (أ) أو أجوف في الحالة (ب)، ويحتفظ هذا الصمام بالسائل الموجود في أسطوانات العجلات والمواسير الموصلة إليها عند ضغط مانومتري يتراوح بين 0,5 bar و 1,2 bar، نتيجة لتأثير ضغط النابض. ويتم بذلك التغلب على الخلوص (المسافة بين لقم (أحذية) الفرملة والدارة في وضع الإعتاق)، بحيث يظهر تأثير الفرملة فوراً عند الضغط على دعسة الفرملة. ويعمل هذا الضغط الأولي في أسطوانات العجلات على ضغط شفة حلقة منع التسرب فوق سطح الأسطوانة، مما يمنع دخول الهواء والقاذورات إلى المجموعة. وعند تجاوز هذا الضغط الأولي (في حالة ارتفاع درجة الحرارة على سبيل المثال)، يتدفق جزء من السائل عائداً إلى الوعاء، بفضل التصميم المزدوج لصمامي عدم الرجوع المذكورين أعلاه.

ج و د) تقوم حلقة منع التسرب الرئيسية بإحكام غرفة الضغط بمجرد تجاوز ثقب التعويض (شكل ج). يتم تجنب دخول الهواء (شكل د) أثناء شوط العودة، وعند الرجوع السريع يملء الفراغ الناتج، بالسائل المتدفق خلال ثقوب التعويض الموجودة في الكباس.

٢٥١ - ١ أسطوانة رئيسية ترادفية متدرجة خاصة بأجهزة فرامل هيدرولية ثنائية الدائرة ذات فرامل قرصية.

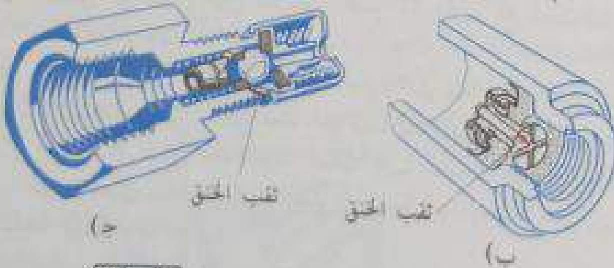


الأسطوانات الرئيسية لنظام (دورة) الفرملة ثنائية الدائرة: وأنواعها هي الأسطوانة الترادفية والأسطوانة الترادفية المتدرجة (شكل ٢٥١ - ١). وتعمل الأسطوانتان بنفس النظرية، إلا أن النوع الثاني له كباس متعدد الأقطار. ويفضل - طبقا لتوجيهات الشركات المنتجة - استنزاف الهواء من دورة الكباس العام أولا. ويعني هذا بالنسبة للأسطوانة الترادفية المتدرجة أن يبدأ باستنزاف الهواء من الأسطوانة ذات الكباس الأصغر، الذي يولد الضغط الأعلى، والذي يؤثر بدوره على الفرملة القرصية.

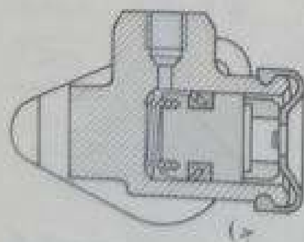
ويلاحظ أيضا أنه يمكن تثبيت كل من صمام عدم الرجوع المبندر (أي معالج بحامض الفوسفوريك لحمايته) وكذلك صمام عدم الرجوع الخاص (المطلي بالكادميوم) في الأسطوانة الرئيسية من الخارج بالولبة. كذلك يمكن وضعهما بعيدا عن الأسطوانة الرئيسية في أي مكان من الوصلات. وفي حالة وجود صمام عدم رجوع خاص مثبت في الأسطوانة (يستخدم هذا النوع دائما مع الفرامل القرصية)، فيتم تمييزه بواسطة شريط معدني أو شريط لاصق مدونة عليه المواصفات. ويعمل ثقب الخنق في الصمام السفلي على عدم تكوّن ضغط أولي في المواسير المتصلة به. ويعتبر وجود صمام عدم الرجوع الخاص ضروريا لعملية استنزاف الهواء من دورة الفرامل، وذلك بالضخ بدعسة الفرامل (شكل ٢٥١ - ٢).

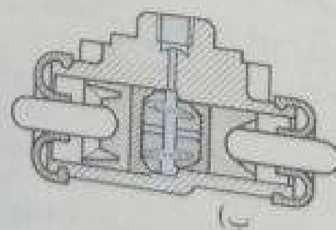
التفتيش: يشمل التفتيش على هذا النوع من الفرامل فحص الدورة بكاملها على الوجه الآتي:

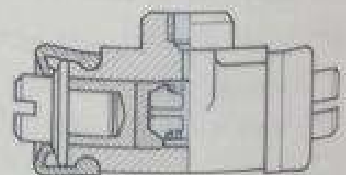
- فحص درجة الإحكام للضغط المنخفض: يتم هذا الفحص بضغط (تشغيل) دعسة الفرامل ببطء، حتى يصل مؤشر جهاز قياس الضغط إلى مقدار يتراوح بين 2 bar و 5 bar. ويجب أن يبقى الضغط ثابتا عند هذه القيمة دون تغير.
- فحص درجة الإحكام للضغط العالي: نحاول الحصول على ضغط مانومتري يتراوح بين 50 bar و 100 bar باستخدام دعسة الفرامل. ويجب ألا تتجاوز نسبة الهبوط في الضغط المقدار 10%، بعد مضي زمن قدره 10 min.



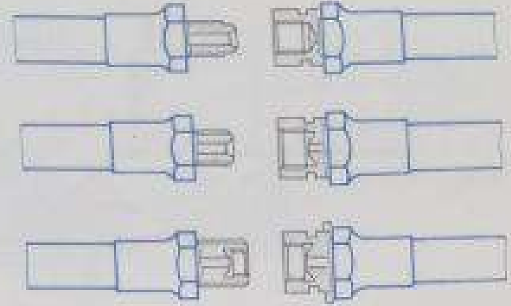
٢٥١ - ٢
أ) شريط مميز مدونة عليه بيانات تدل على وجود صمام عدم رجوع خاص.
ب) الصمام الخاص المستخدم في أسطوانة رئيسية والذي يشابه الصمام المخروطي إلى حد كبير.
ج) طراز ذو تثبيت بلولب (مطلي بالكادميوم).



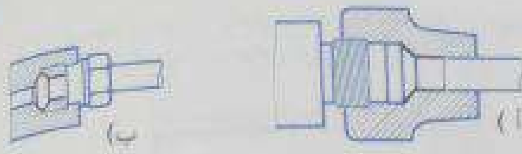




٢٥١ - ٣ الطرازات المختلفة لأسطوانات فرامل العجلات:
أ) أسطوانة فرامل العجلات من طراز سيمبلكس والتي تستخدم في كل من فرامل سيمبلكس وفرامل ديودوبلكس.
ب) تسمح الأسطوانة المتدرجة بتوزيع القوى المؤثرة توزيعا يلائم كل من الفكية الرئيسية والفكية الثانوية.
ج) طراز ذو تثبيت بلولب (مطلي بالكادميوم).



٢٥٢ – ١ الوصلات المختلفة لخراطيم الفرامل



٢٥٢ – ٢
أ) نهاية الأنابيب ذات الأقطار 6 mm, 9 mm, 13 mm
ب) نهاية الأنابيب ذات الأقطار 4,75 mm, 5 mm، وهناك بعض الاستثناءات من ذلك في صناعة هذه الأنابيب.

- فحص الضغط الأولي: يثبت جهاز قياس الضغط على صمام استنزاف الهواء الخاص، بأحد الأفرع المتصلة بالفرملة ذات الدارة، ويجب أن يسجل جهاز قياس الضغط المانومتري قيمة تتراوح بين 0,5 bar و 1,2 bar في وضع إعتاق الفرملة. ويفضل قبل إجراء هذا الفحص الرجوع إلى تعليمات الشركة المنتجة، إذ إن هناك استثناءات من هذه القيم.
- فحص مفتاح ضوء إشارة الفرامل: يجب أن تضيء مصابيح إشارة الفرامل عند ارتفاع الضغط المانومتري إلى مقدار يتراوح بين 3 bar و 6 bar.

أسطوانات العجلات: تقوم أسطوانات العجلات بتحويل الضغط القادم من الأسطوانة الرئيسية – مارا خلال الخراطيم والوصلات – إلى قوة تؤثر على لقم (أحذية) الفرامل. وهناك عدة طرازات مختلفة لأسطوانات فرامل العجلات هي:

- أسطوانة ذات تجويف نافذ بقطر داخلي ثابت على امتداد المحور (أسطوانة فرامل عجلات من طراز سيمبلكس).
- أسطوانة ذات تجويف نافذ بقطر داخلي متدرج على امتداد المحور (أسطوانة متدرجة).
- أسطوانة ذات تجويف غير نافذ (أسطوانة فرامل عجلات من طراز دوبلكس) (شكل ٢٥١ – ٣).

يثبت صمام استنزاف الهواء في أعلى نقطة لتجويف الأسطوانة دائما. ويشترط لتشغيل أسطوانات فرامل العجلات، أن يتعرض سطح الكباس لضغط السائل دون عائق. لذلك تثقب أجزاء الحشو (ركائز النوابض) عند إنتاج هذه الأسطوانات. وتصمم حلقات منع التسرب المطاطية الحابكة، بحيث لا تسد ثقب التغذية (الإمداد). وتقوم الأغطية الواقية بمنع الرطوبة والأتربة الخارجية من الوصول إلى داخل الأسطوانة.

ويمكن إجراء بعض الإصلاحات لأسطوانات فرامل العجلات في حدود معينة، كما هو الحال بالنسبة للأسطوانات الرئيسية، عند عدم استدارة مقطع الأسطوانة الداخلي أو الكباس مثلا أو عند تجاوز قطر أيهما للقيمة المحددة، أو عند بلى سطحيهما. وعند إجراء مثل هذه الإصلاحات، تجب مراعاة الجداول الخاصة بالأبعاد والتفاوتات المسموح بها، التي تصدرها الشركات المنتجة لهذه القطع وذلك لأسباب تتعلق بأمن المركبة. وغالبا ما يتم استبدال معظم القطع التالفة بأخرى جديدة، لتفادي الأخطار الناجمة عند عدم دقة الإصلاحات. وهو مبدأ يمكن تشجيعه لدى العميل إذا أمكن عرض هذه القطع بسعر اقتصادي مناسب.

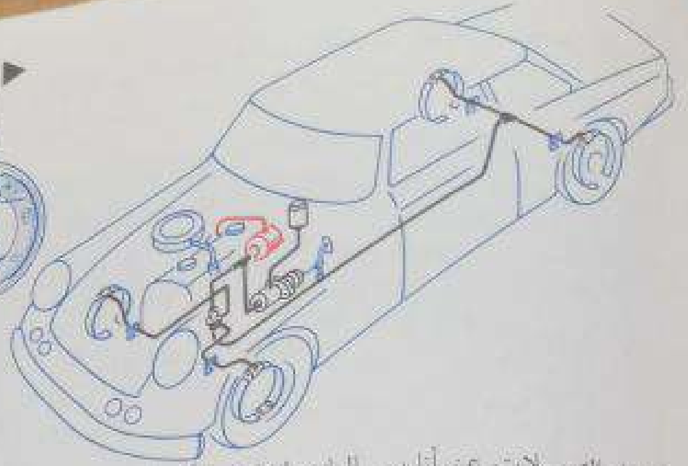
خراطيم وأنابيب الفرامل: وتقوم بوصل الأسطوانات المختلفة ببعضها. وتتميز هذه الخراطيم بقابليتها للثني، مما يساعد على مواجهة الحركة الناتجة عن نبض وتوجيه العجلات. وتخضع هذه الخراطيم لفحوص واختبارات دقيقة بعد إنتاجها. ويجب مراعاة النقط التالية عند استبدال خراطيم الفرامل في ورشة الإصلاح:

- يجب تمديد خراطيم الفرامل بعيدة عن توصيلات العادم وكذلك عن أذرع التوجيه والنوابض.
- يفضل أن يكون طول الخرطوم أقصر ما يمكن، مع احتفاظه بحرية التحرك في جميع الاتجاهات المطلوبة. ويجب عدم تعريض الخراطيم لإجهادات اللي والشد.
- يجب تلافي أي احتكاك بين خراطيم الفرامل وأية أجزاء أخرى.
- لا تتحمل مادة تصنيع هذه الخراطيم الدهانات والمواد الواقية لقاع المركبة والشحومات والبنزين والبترول أو مواد الرش التي قد تحتوي على بعض تلك المواد. لذلك يجب تنظيف الخراطيم من القاذورات الملتصقة بها باستعمال الماء فقط.

من الأفضل استخدام قطع الغيار الأصلية عند استبدال خراطيم الفرامل، لأن شكل الوصلات وتصميمها يختلف باختلاف الشركة المنتجة (شكل ٢٥٢ – ١).

يتم توصيف أنابيب التوصيل تبعا للقطر الخارجي وسمك الجدار، والأقطار المتوافرة هي: 4,75 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm. وتصنع هذه الأنابيب من الفولاذ، كما يجب أن تكون خالية من التشققات وقشور الأكاسيد وتستخدم أحيانا أنابيب ذات أقطار غير قياسية مثل 5 mm, 9 mm, 13 mm. ولا يجوز تشكيل حواف أو ثني أنابيب الفرامل إلا على البارد. كما يجب ألا يقل نصف قطر الثني عن خمسة أضعاف قطر الأنبوب. أما نهاية الأنبوب، فيتم تشكيلها طبقا لأحد التصميمين المبينين (شكل ٢٥٢ – ٢). وعند مد هذه الأنابيب يجب مراعاة التعليمات التالية:

- يجب تمديد الأنابيب في وضع يحميها من الأحجار الصغيرة المتطايرة عند قيادة المركبة.
- عدم إحداث ضيق في مساحة مقطع السريان عند مواضع الحني.
- عدم وجود طول زائد في الأنابيب، إلى جانب عدم وجود أنشوطات متجهة إلى أعلى، لتفادي تجمع فقاعات هوائية.
- تثبيت صمامات استنزاف الهواء في وضع يسهل الوصول إليه وفي أعلى موقع.





▶ ٢٥٣ – ١ مضخم (مؤازر) الفرملة بالضغط المنخفض (التفريغ) مثبت بعيدا عن دعسة الفرامل. ويجب استخدام أسطوانة رئيسية مساعدة يثبت عليها المؤازر بشفة (فلانشة).

▲ ٢٥٣ – ٢ مضخم (مؤازر) قوة الفرملة يعمل بالضغط المنخفض وله أسطوانة رئيسية ترادفية. تؤثر الدعسة على الأسطوانة الرئيسية مباشرة في حالة عطب المؤازر، وفي هذه الحالة يجب استخدام قوة قدم أكبر للحصول على نفس التأثير الفرملي للمؤازر.

- إبعاد التوصيلات عن أنابيب العادم لتفادي تولد فقاعات بخار.
- وضع مواسك (قوامط) ربط الأنابيب على مسافات غير متباعدة مع مراعاة تبطينها بالمطاط أو الجلد لتجنب حدوث احتكاك على السطح الخارجي للأنابيب.
- تمديد الأنابيب الموصلة بين وعاء الإمداد والتعويض والأسطوانة الرئيسية في أقصر مسافة بينهما، على ألا يقل ميل الأنبوب عن 15° بالنسبة للمستوى الأفقي.

ولما كانت أنابيب التوصيل متوافرة كقطع غيار جاهزة بانحناءاتها فإن الحاجة إلى شراء هذه الأنابيب مستقيمة ثم حنيها وتشكيل نهاياتها إلى شفاه التوصيل يكاد لا يصبح ضروريا. أما إذا استخدمت الأنابيب الخام على الرغم من ذلك، فيجب عند تشكيلها مراعاة قطعها بدون زوائد (رائش) – باستخدام جهاز قطع الأنابيب – حتى لا يستطيع رائش القطع، الدخول إلى دورة الفرامل ويعمل على إتلافها. وبالإضافة إلى ذلك يجب استخدام عدد خاصة للتشكيل مثل تجهيزة حني الأنابيب التي يسمح بعمل انحناءات حتى 180° دون إحداث اختناق في مساحة مقطع الأنبوب، كما يجب استعمال مجموعة عدد لتشكيل الشفاه.

الأجهزة المساعدة لمؤازرة قوة الكبح: غالبا ما تكون عبارة عن مضخمات لقوة الكبح باستخدام الضغط المنخفض، حيث يستخدم الفرق في الضغط بين مشعب السحب – في المحرك رباعي الأشواط – عن الضغط الجوي كمصدر للقوة. وتتراوح نسبة تضخيم القوة في هذه الأجهزة بين (1:2) و(1:4)، تبعا للضغط المنخفض المؤثر ونوع أو طراز الجهاز المستخدم. وعند تلف هذا الجهاز أو عند إيقاف المحرك، تعمل الفرملة كفرملة هيدرولية عادية وتحتاج لقوة ضغط بالقدم أكبر للوصول إلى نفس التأثير الفرملي للمؤازر.

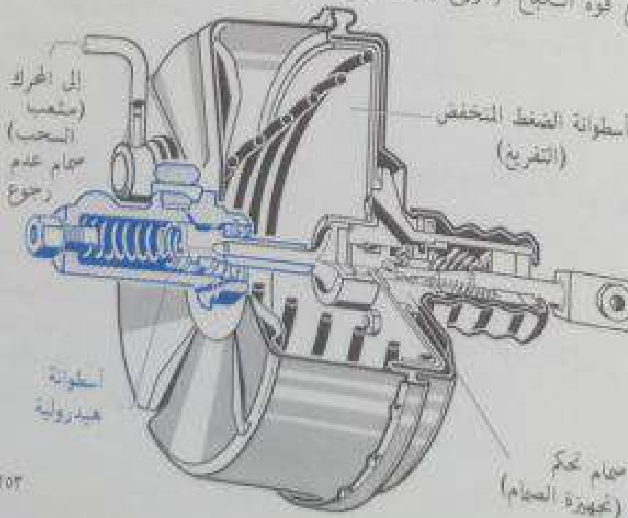
ويمكن أيضا تركيب هذا الطراز من الأجهزة في المركبات ذات المحركات ثنائية الشوط. وفي هذه الحالة يجب تركيب مضخة إضافية تقوم بتفريغ الهواء لإحداث انخفاض الضغط اللازم ويبلغ حده الأقصى 0,2 bar.

يتميز مؤازر قوة الفرملة الذي يعمل بالضغط المنخفض بالآتي:

- الكبر النسبي لأبعاد أسطوانة الضغط المنخفض وكباسها.
- أسطوانة رئيسية مساعدة كجزء هيدرولي إضافي (شكل ٢٥٣ – ١) أو أسطوانة رئيسية في حالة التأثير المباشر لدعسة الفرملة على المؤازر. (شكل ٢٥٣ – ٢).
- تجهيزة تحكم تعمل على توصيل القوة المؤازرة إلى الأسطوانة الرئيسية عند تشغيل الفرامل، كما تعمل على ضبط الوضع النهائي للفرملة أثناء التشغيل الجزئي لها.

ومن المعتاد عدم إصلاح هذا النوع من مؤازرات قوة الفرملة عند تلفها وإنما يتم استبدالها بأخرى مجددة أو بأجهزة جديدة. وتقتصر أعمال الصيانة للمؤازر على استبدال مرشحات الهواء وصمام عدم الرجوع المثبت في وصلة الضغط المنخفض (شكل ٢٥٣ – ٣).

الأجهزة الخاصة بنظم (دورات) الفرامل الهيدرولية: إن هذه الأجهزة معروفة منذ زمن طويل. ولبعضها مجالات استخدام خاصة مثل فرامل المقطورة وفرامل المقطورة التي تعمل بقوة القصور الذاتي. ويستخدم البعض الآخر في بعض الطرازات الخاصة من المركبات لتشغيل القابض هيدروليا مثلا، وفي النظم الهيدرولية المركزية. وقد شاع استخدام بعض هذه الأجهزة مثل جهاز الحد من قوة الكبح، الذي يقلل من خطر الكبح الزائد عند المحور الخلفي وجهاز توزيع قوة الكبح (موزع قوة الكبح) الذي يحدد مقادير الضغط اللازمة لفرامل كل محور عند كل حمل، للحصول على نتائج كبح مثالية.



٢٥٣ – ٣ مضخم (مؤازر) قوة الفرملة يعمل بالضغط المنخفض ويشغل من دعسة الفرملة مباشرة بواسطة ذراع الضغط. وتتوسط تجهيزة التحكم جسم المؤازر. ويمكن أيضا استخدام أسطوانة رئيسية ترادفية (ذات كباسين) بدلا من الأسطوانة الهيدرولية ذات الكباس الواحد. ويبين الشكل الاتصال الميكانيكي المار خلال الجهاز، ويصل دعسة الفرامل بالكباس الهيدرولي. ويظل هذا الاتصال مستمرا حتى في حالة انقطاع الضغط المنخفض.

ويجب على فني الإصلاح الإلمام بالمعلومات الفنية المتعلقة بهذه الأجهزة بالاطلاع على الكتب الفنية أو حضور الدورات التدريبية التي تنظمها الشركات المنتجة لهذه الأجهزة في دورات دراسية مستمرة، قبل إجراء أي إصلاح فيها.

الملخص:

- يمكن ضبط الفرامل ذات الدارة تبعا لتصميمها. فيبدأ الضبط بوضع لقم (أحذية) الفرملة ملامسة لسطح دارة الفرملة ثم تبعد عنه تدريجيا حتى يتلاشى صوت الاحتكاك.
- يتغير شكل دارة الفرملة مع الاستخدام، مما يؤدي إلى عدم انتظام الكبح. وقد ينتج عن ذلك ازدياد طول مسافة الإيقاف أو انحراف عن اتجاه السير أثناء الكبح.
- يجب تركيب بطائن ذات سمك أكبر في دارات الفرامل المعاد خراطتها حتى تتساوى أنصاف الأقطار بين البطانة والدارة، وبذلك يتم التلامس بينهما بالكامل.
- عند إعادة تركيب سروج الفرملة القرصية، يجب استبدال المسامير الملولبة والصواميل والحلقات النابضة بأخرى جديدة بسبب كلال المواد المصنوعة منها تلك الأجزاء بعد فترة التشغيل السابقة.
- إذا ضُغط كباس أسطوانة فرملة العجلات إلى الداخل أثناء إصلاح الفرملة القرصية، فيجب عند الانتهاء من الإصلاح، تشغيل دعسة الفرامل عدة مرات.
- يجب تكرار فحص مستوى سائل الفرامل في وعاء التغذية (الإمداد) للفرامل القرصية بمعدل أكبر لأن بلى بطانة اللقم يؤدي إلى تقدم الكباس إلى الأمام في اتجاه القرص، تاركا حيزاً كبيراً خلفه.
- لكل جزء من أجزاء الأسطوانة الرئيسية وظيفته المحددة. ويجب تجنب أي تغيير في النوابض.
- يجب تمديد خراطيم وأنابيب سائل الفرامل بطريقة صحيحة، إذ إنها قد تمثل العضو الضعيف في دورة الفرامل.
- يجب تنفيذ أعمال الصيانة الخاصة بالفرامل بيقظة وحذر.

أسئلة:

١ - وضح في رسم تخطيطي مبسط فرامل العجلات ثم اشرح طريقة تشغيلها.
٢ - ما هي أنواع السروج المستخدمة في الفرامل القرصية الجزئية؟
٣ - ما هو الفرق بين دورة الفرملة ذات الدائرة الواحدة ودورة الفرملة ثنائية الدائرة؟
٤ - ما هي الأجزاء التي تتكون منها الأسطوانة الرئيسية؟
٥ - وضح وظيفة وطريقة تشغيل الأجزاء الهامة في الأسطوانة الرئيسية.
٦ - ما هو الفرق بين صمام الرجوع الخاص وصمام الرجوع العادي؟
٧ - ما هي أنواع أسطوانات فرامل العجلات التي تستخدم مع الطرازات المختلفة لفرامل العجلات؟
٨ - حاول أن تستوضح في ورشة الإصلاح عن الطرق المختلفة لضبط الخلوص بين اللقم (الأحذية) والدارة ونزف الهواء من المجموعة الهيدرولية.
٩ - اشرح عملية الفحص الشامل لكل من: أ) فرملة قرصية. ب) نظام (دورة) فرامل كامل.

٦ - ٦ - ٥ تجهيزات الفرامل بالهواء المضغوط

لا تكفي القوة الناتجة من تجهيزة الفرامل الهيدرولية لكبح المركبات الثقيلة. وكما وضح من قبل، فإن استخدام الفرملة القرصية يتطلب قوة أكبر، مما أدى إلى استخدام مضخم (مؤازر) قوة الفرملة الذي يعمل بالضغط المنخفض للحصول على هذه القوة. وتعمل التجهيزات المستخدمة في مركبات النقل المتوسطة والثقيلة بنفس الأسلوب. وهي إما أن تكون نظم فرامل بالهواء المضغوط فقط أو نظم فرامل تعمل بالطريقتين الهيدرولية مع الهواء المضغوط في آن واحد. ويستخدم السائق ضغط القدم فقط للتحكم في القوى الفرملية الكبيرة جدا، والتي تتولد بواسطة أجهزة تدخل في نطاق دائرة تحكم متكاملة.

تتكون دورة الفرامل كوحدة كاملة من جزئين رئيسيين. يقوم الجزء الأول بإمداد التجهيزة بالهواء المضغوط اللازم لها. بينما يحتوي الجزء الثاني على أجهزة التحكم في الفرملة وتشغيلها.

ويتكون جزء إمداد الهواء، من ضاغط هواء ومرشح هواء ذي وصلة لنفخ الإطارات ومنظم للضغط ومضخة للوقاية من الصقيع وخزان هواء وصمام للهواء الفائض وأنابيب وخراطيم وأحيانا مرشحات لأنابيب الهواء.

ويمكن استبدال مرشح الهواء ذي وصلة نفخ الإطارات بجهاز موحد يؤدي وظائف هذا المرشح بالإضافة إلى تنظيم الضغط. ويتشابه جزء إمداد (تغذية) الهواء في جميع نظم الفرامل بالهواء المضغوط، بينما تتباين التصميمات المستخدمة في باقي النظام وإذا أجريت تعديلات على جزء إمداد الهواء، فإنها تكون محدودة. ومن أمثلة ذلك توصيل منظم الضغط بوصلة رئيسية أو وصلة فرعية.

٢٥٥ – ١ نظام فرملة مفرد الدائرة ذو موصل واحد مزود بصمام دعسة وصمام فرملة وصمام ذي تحكم هوائي لفرامل المقطورة. تمثل الألوان المبينة على الشكل (أحمر – أزرق) توزيع الضغط في النظام عند وضع إعتاق الفرملة. وهناك نظم تعمل بنفس الضغط المستخدم في الفرملة ثنائية الموصلات وهو ضغط مانومتري قيمته 7 bar [الجزء الميكانيكي لفرملة اليد المؤثرة على العجلات الخلفية غير مبين في الأشكال من (٢٢٥ – ١) إلى (٢٢٥ – ٣)].

٢٥٥ – ٢ نظام فرملة مفرد الدائرة ذو موصل واحد وبه مضخم (مؤازر) فرملي بالهواء المضغوط ذي غرفة واحدة. ويمكن أيضا تصميم الجزء الهيدرولي بنظام الدائرتين، بينما يظل الجزء المساعد بالهواء المضغوط بدائرة واحدة أو بدائرتين.

أما أنظمة (دورات) الفرامل في حد ذاتها، فتختلف تصميماتها اختلافا كبيرا، إذ توجد فرامل مفردة (وحيدة) الدائرة وأخرى مزدوجة الدائرة (راجع صفحة ٢٤٩)، كما أن هناك فرملة مفردة (وحيدة) الموصل وأخرى مزدوجة (ثنائية) الموصل. وتوجد كذلك أسطوانات الفرامل المحملة بنابض في داخل النظام وغير ذلك.

٢٥٥ – ٣ نظام فرملة ذات دائرة واحدة وموصلات مزدوجة. الفرملة مزودة بأجهزة مصممة لها خصيصا وهي صمام تحكم في الضغط ومرحل (منمم) تأمين الضغط وصمام الفرملة اليدوية المثبت في عمود التوجيه. وتشتمل الفرملة كذلك على الطراز المعدل من صمام التحكم الخاص بالمقطورة، ويجب توصيل وصلتي الصمام المؤديتين إلى المركبة القاطرة بطريقة صحيحة. لذلك فليس من الضروري تحديد خراطيم التوصيل تحديدا متقاطعا، لمواجهة السير في المنعطفات. ويمكن تحاشي التوصيل الخاطئ باستخدام أجهزة منع التوصيل.

وتعتبر التصميات المبينة في الأشكال من (٢٢٥ - ١) إلى (٢٥٥ - ٢) من أهم الأنواع شائعة الاستعمال.

ويبلغ الضغط المانومتري في نظام الفرامل إما 5 bar أو 7 bar. ويميل الاتجاه إلى توحيد نظم الفرامل في دول أوروبا الغربية، باستخدام نظام الفرامل مزدوجة الموصل (شكل ٢٢٥ - ٢)، مع الضغط المانومتري الخاص بها وقيمته 7 bar، في سبيل توحيد نظم الفرامل.

وخلال الفترة الانتقالية قد يستخدم نظام يجمع بين التصميمين، أي بين نظام الفرملة ذو الموصل الواحد وذلك مزدوج الموصل (ثلاث وصلات لخراطيم قابلة للإقران بين المركبة القاطرة والمقطورة)، مع مراعاة ملاءمة الضغط بحيث يتناسب كل حالة، إذ يجب استخدام إحد النظامين فقط أثناء السير.

ويمكن الحكم على مدى أمان دورة الفرامل من خلال طريقة عمل الأجهزة المختلفة كل على حدة، (على سبيل المثال شكل ٢٦٠ - ١، ٢٦٣ - ٢). ويمكن ضمان إمكانية تبديل منتجات الشركات المختلفة من خلال التوحيد القياسي لوظائف الأجزاء المختلفة ووصلاتها.

٦ - ٦ - ٥ - ١ الأجهزة الخاصة بمجموعة إمداد (تغذية) الهواء

ضاغط الهواء: يستخدم ضاغط هواء ترددي ذو أسطوانة واحدة أو أسطوانتين. ويتم تزليق الأجزاء المتحركة عن طريق رش الزيت الموجود في مبيت العمود المرفقي، بوساطة بروز (أنف) في ذراع التوصيل. وقد تكون أسطوانات الضاغط في وضع أفقي أو رأسي أو على شكل حرف V (يستخدم النظام الأخير في الوحدات الثابتة). ويتراوح الحجم الشوطي للضواغط الترددية المستخدمة في وسائل النقل بين $60\ cm^3$ و $300\ cm^3$ تقريبا. ويصل الحجم الشوطي في الضواغط الثابتة إلى $1300\ cm^3$.

تتم إدارة الضاغط بواسطة سير ذي مقطع حرف V منفصل عن المولد والأجهزة المساعدة، حتى يتسنى ضبط سرعة الدوران أثناء التشغيل بطريقة مستقلة طبقا لتعليمات الشركات المنتجة. وعلاوة على بكرات الإدارة الثابتة توجد بكرات قابلة للضبط محوريا، لضبط شد السير. وتعتمد السعة الموائية للضاغط على جودة التبريد. وغالبا ما يثبت الضاغط في مكان يتعرض فيه مباشرة لتيار الهواء الناتج عن سير المركبة، وكذلك لتيار الهواء القادم من مروحة تبريد المحرك. ويمكن تحسين الأداء باستخدام بكرة سير إدارة ذات ريش تبريد. وتتم مراقبة التشغيل الصحيح للضاغط عن طريق قياس درجة حرارة الهواء المضغوط عند وصلة الخروج (وصلة الضغط)، التي يجب ألا تتعدى درجة 180°C. وتزود رأس أسطوانة الضاغط بصمام سحب وصمام طرد، يصل إليها الهواء الجوي من خلال مرشح خاص أو بعد مروره على مرشح هواء المحرك، كما يراعى في حالة التركيب الرأسي لمرشح هواء الضاغط أن توجه فتحة دخول الهواء في اتجاه مضاد لاتجاه حركة السير. أما في حالة تركيبه أفقيا فتوجه فتحة الدخول إلى أسفل. وبذلك نضمن عدم دخول القاذورات التي يحتويها الهواء إلى الضاغط مباشرة.

وتستخدم أنابيب توصيل من الفولاذ لوصل الضاغط مع الجهاز الذي يليه. ومقاسات تلك الأنابيب هي 15×1,5 للضاغط الصغير و 18×1,5 للضاغط الكبير. ويشترط في أنبوب التوصيل أن يكون مرنا لحد ما، حتى يمتص الاهتزازات أثناء سير المركبة. لذلك يُلف الأنبوب لفة دائرية كاملة أو يستخدم خرطوم مقوّى كوصلة بينية له. ويجب مراعاة عدم تعرض هذه الأنابيب لحرارة شديدة من

٢٥٦ - ١ مرشح هواء مع وصلة نفخ الإطارات: يتدفق تيار الهواء من الضاغط إلى وعاء المرشح عن طريق وصلة الدخول. وتسقط الجسيمات الثقيلة من المواد العالقة نتيجة التغير الفجائي للمسار في الوعاء. أما الأجزاء المتبقية فتظل عالقة بقرص الترشيح، الذي يعمل أيضا كصمام عدم رجوع في حالة التلوث الكامل مما يسمح بمواصلة التشغيل، بينما يواصل الهواء مروره خلال الحيز الموجود بين الكباس (١) وطوق المبيت، متجها إلى وصلة الخروج.

- يستخدم الكباس (١) كصمام أمان حيث يتزحزح تحت تأثير ارتفاع ضغط الهواء إلى اليمين في اتجاه الغطاء المطاطي، وضد قوة ضغط النابض (١)
- أما الكباس (٢) فإنه لا يستطيع متابعة هذه الحركة لارتكازه على كتف عمود الصمام، الذي يرتكز بدوره على البرغي السدادي بواسطة حلقة التأمين. عندما ينكشف ثقب عمود الصمام - نتيجة لحركة الكباس (١) - يمر الهواء من خلاله (السهم الأزرق)
- وعند نفخ الإطارات تدار الصمولة المجنحة (عصفورة) الخاصة بالخرطوم المستخدم وتدفع عمود الصمام ضد قوة النابض (٢) ويتبع الكباس (١) هذه الحركة حتى يرتكز على طوق المبيت. ويواصل عمود الصمام حركته ليدفع الكباس (٢) بعيدا عن الكباس (١)، فيتدفق الهواء في هذه الحالة أيضا خلال الثقب المستعرض لعمود الصمام (السهم الأزرق).

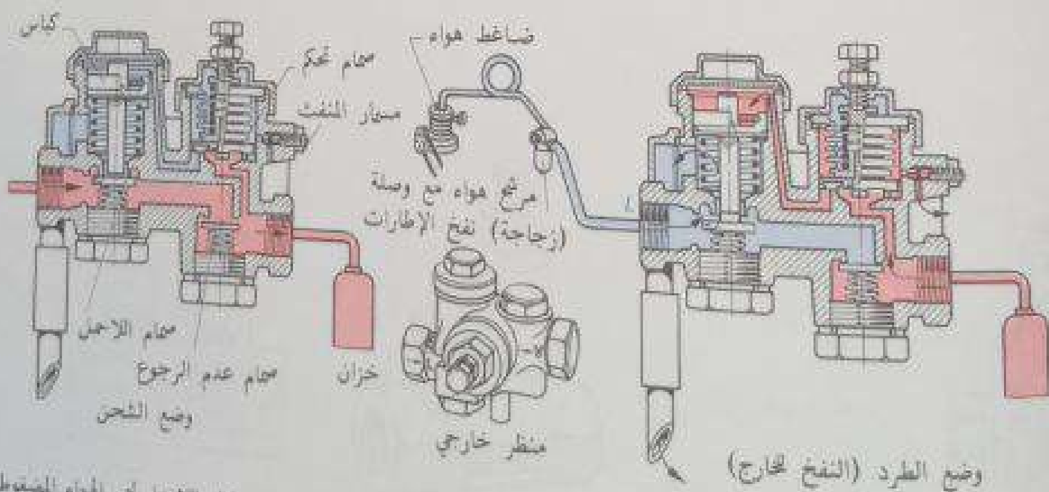
كباس ٢
(مع نابض ٢)
وصلة الدخول
طوق المبيت
ذراع المساعدة والإشارة
عند نفخ الإطارات يجب فك الوصلة الملولبة ونزع الغطاء المطاطي
برغي سدادي
كباس ١
(مع نابض ١)
عمود أجوف أو عمود صمام
غطاء مطاطي
ثقب مستعرض
قرص المرشح
وعاء المرشح
هواء جوي
هواء مضغوط
مسمار تصريف الزيت

المحرك، حتى لا يترسب الفحم على جدرانها، كما يجب ألا يقل طولها عن 1,5 m إلى 2 m حتى يمكن تبريدها بقدر كاف، وبهذا يتم أيضا
تكثف بخار الماء المصاحب للهواء خلال هذا الطول.
يمكن توصيل مبيت الضاغط بدورة تزليق المحرك خلال موصلين، حتى يمكن إمداد الضاغط بزيت التزليق، ويتم التزليق في طرازات
عديدة من الضواغط المتداولة، إما بالطرطشة أو بالضغط. وتحتوي صفحة ٢٧٠ على جدول يشتمل على أهم أعمال الصيانة الخاصة
بالضاغط.

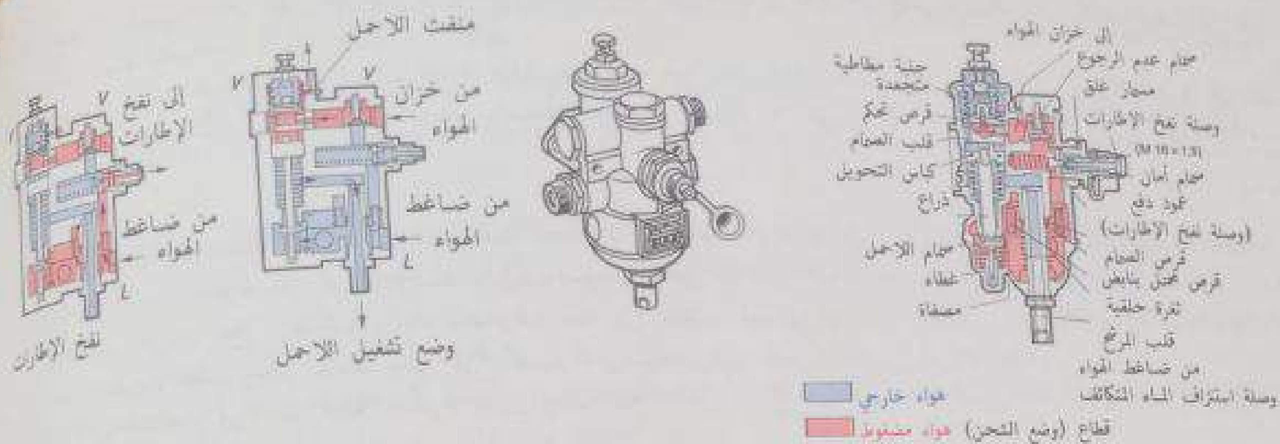
مرشح الهواء ذو وصلة نفخ الإطارات: ويطلق عليه خطأ اسم (أسطوانة نفخ الإطارات)، ويقوم بأداء الوظائف التالية في الدورة:
تنقية تيار الهواء المضغوط من الزيت والماء والزيت المتفحم، حتى لا تؤثر هذه المواد العالقة على تشغيل منظم الضغط.
يركب عليه خرطوم نفخ الإطارات بالهواء المضغوط، بعد نزع الغطاء المطاطي أو البلاستيك.
في حالة حدوث عطب بمنظم الضغط يعمل المرشح كصمام أمان نتيجة وجود تجهيزة التحويل المركبة أعلاه.
وقد كانت تستخدم مرشحات الهواء المضغوط بدون وصلة نفخ الإطارات إلى عهد قريب. وتحتاج هذه الأجهزة إلى أعمال الصيانة
المبينة بصفحة ٢٧٠.
منظم الضغط: عند وصول ضغط الهواء في الخزان إلى قيمة قصوى معينة (ضغط الإغلاق)، يقوم منظم بتحويل الهواء القادم من
الضاغط إلى الجو الخارجي. وغالبا ما يوضع المنظم في الدائرة بعد المرشح مباشرة. ويمكن التعرف عليه بسهولة من أصوات الطرد وضوضاء
النفخ الناتجة عن طرد الهواء. وعندما يصل الضغط في الخزان إلى قيمة صغرى معينة (ضغط التوصيل) يبدأ المنظم في عملية الشحن.
ويجب استخدام صمام أمان مع المنظم في حالة عدم وجود مرشح بوصلة نفخ (فحص) الإطارات (شكل ٢٥٧ – ١).

	نظام (دورة) فرامل ذات موصل واحد	نظام (دورة) فرامل ذات موصلات مزدوجة
ضغط التوصيل	$p_e = 4{,}8$ bar	$p_e = 6{,}2$ bar
ضغط (الإغلاق)	$p_a = 6{,}3 .. 5{,}6$ bar	$p_a = 6{,}8 .. 7{,}35$ bar

منظم الضغط ذو مرشح الهواء وصمام الأمان ووصلة لنفخ الإطارات (تجهيزة مشتركة): يمثل هذا الجهاز توحيدا للأجهزة السابق
ذكرها في جهاز واحد، ويمتاز بطريقة تشغيله التي تضمن طرد الشوائب والمياه المترسبة من وعاء المرشح في كل مرة يعمل فيها المنظم.
وتحقق أجزاء هذا الجهاز الموحد نفس الوظائف التي تقوم بها الأجزاء المماثلة في كل من نافخ (شاحن) الإطارات ومنظم الضغط
(راجع شكلي ٢٥٦ – ١، ٢٥٧ – ١). وتكاد الأجزاء المختلفة والمكونات أن تتشابه تشابها تاما (شكل ٢٥٨ – ١).
مضخة الوقاية من الصقيع (التجمد): يجب استخدام هذه المضخة في البلاد الباردة لتأمين تشغيل تجهيزة الفرامل خلال الفترة
الباردة من العام. وتعمل الطرازات الحديثة منها أوتوماتيا مع منظم الضغط. أما باقي الطرازات الأخرى فتشغل يدويا، وعادة ما يستخدم
الكحول المثيلي (كحول معالج) كمادة للوقاية من التجمد. وهو يفضل عن المواد الأخرى التي أساسها مادة الجليكول Glycol (المادة
المانعة لتجمد ماء تبريد المحرك)، لتغير خواص الأخيرة عند التبريد. وقد تؤدي أحيانا إلى التصاق أو تشويه الجلب المطاطية الموجودة
بداخل الجهاز.



٢٥٧ – ١ منظم الضغط
تم رسم جميع الأجزاء في القطاعين المبينين بالرسم في مستوى واحد للتوضيح. في وضع الشحن (التعبئة) يمر الهواء إلى الخزان عن طريق صمام عدم الرجوع المفتوح. وعند ارتفاع الضغط إلى قيمة قصوى (ضغط الإغلاق) – الذي يتم ضبطه بواسطة المسمار الملولب – يفتح صمام التحكم بينما يغلق صمام عدم الرجوع، ويدفع الهواء المضغوط بالكباس إلى
التحكم بينما يغلق صمام عدم الرجوع، ويدفع الهواء المضغوط بالكباس إلى
أسفل فيقوم بدوره بفتح صمام اللاحمل ليمر الهواء المضغوط من خلاله إلى الجو الخارجي، عندئذ يتم الاتصال بين ذلك الجزء من المنظم الواقع تحت ضغط وبين الخارج عن طريق مسمار الملفت. أما في حالة عدم تشغيل الفرامل، فينخفض الضغط داخل المنظم ببطء خلال هذا الممر الضيق حتى تصل قيمته إلى ضغط تشغيل المنظم فتعود جميع الصمامات إلى وضع الشحن.



٢٥٨ – ١ منظم هواء ذو مرشح وصمام أمان ووصلة لنفخ الإطارات (الجهاز المشترك).

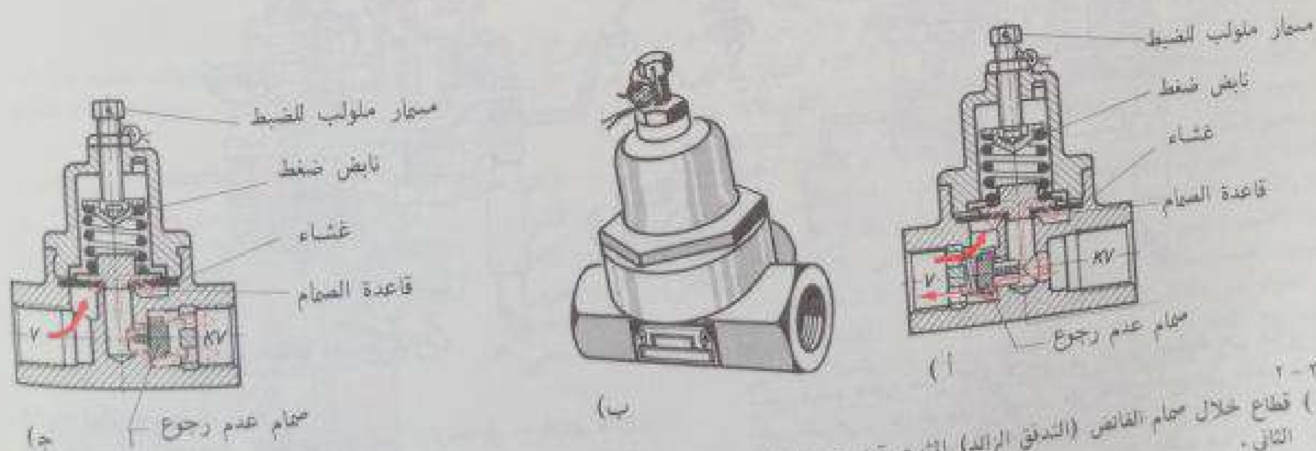
تؤدي سرعة تبخر الكحول إلى انتشاره في دورة الفرامل حتى تصل الأبخرة إلى المقطورة. وقد درج في الماضي على ملء خراطيم التوصيل بمواد منع التجمد الأخرى. أما حاليا فيغني وجود المضخة الأوتوماتية عن ذلك باستثناء بعض الحالات الطارئة.

خزانات الهواء: وهي خزانات تخضع للمواصفات القياسية وتخضع أيضا لاختبار يجرى على النموذج الأولي، كما يجب أن تفي بشروط هيئة الرقابة على إجراءات السلامة. ويتحدد الحجم المطلوب لخزان طبقا لمجموع حجوم أسطوانات الفرامل المستخدمة في المركبة. ويتم تقسيم الحجم الكلي على خزانين أحدهما صغير ويسمى بالغرفة الأولية والآخر كبير، لرفع درجة الاستعداد الفرملية. ويفصل الخزانين صمام فائض (التدفق الزائد).

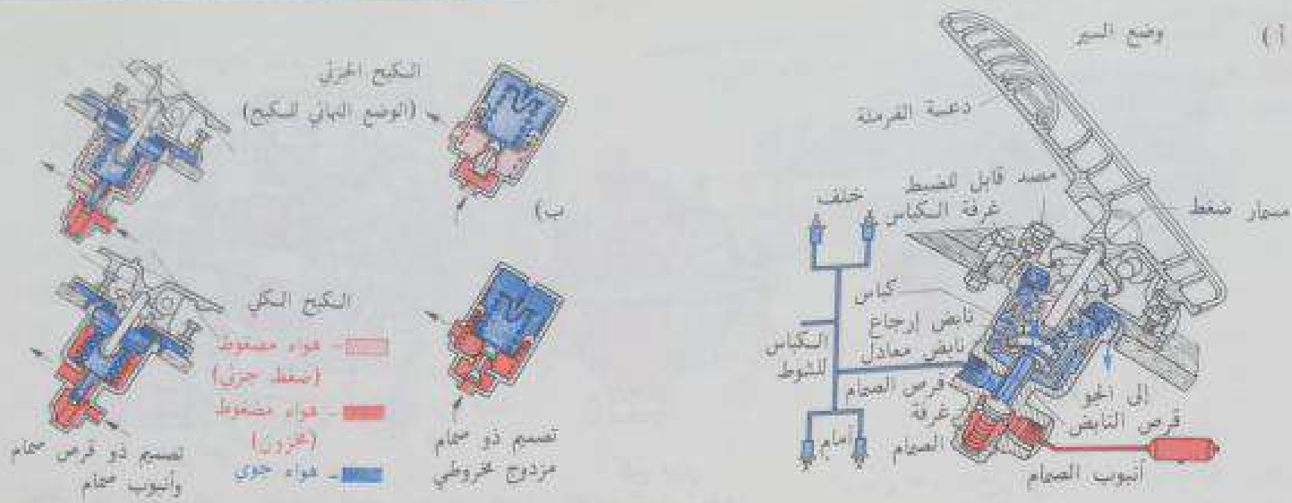
ويجب تمديد الموصلات إلى الخزانين بميل منتظم، دون أن تحتوي على جيوب مائية (لفات إلى أسفل) كما يجب فصل الماء المتكثف قبل تركه للخزان الأول. ويجب التخلص من هذا الماء يوميا في فصل الشتاء.

صمام الفائض (التدفق الزائد) يظل صمام الفائض، المثبت قبل الخزان الثاني (الخزان الرئيسي) مغلقا، حتى يرتفع الضغط في الخزان الصغير إلى مستوى ضغط التشغيل، فيفتح هذا الصمام الوصلة المؤدية إلى الخزان الرئيسي. بينما يسمح صمام عدم الرجوع المركب فيه بمعادلة الضغط في الاتجاه المضاد (شكل ٢٥٨ – ٢أ). ويجب استخدام صمام فائض (التدفق الزائد) ذي تأمين عدم رجوع، عند وجود أجهزة أخرى علاوة على تجهيزة الفرامل، تحتاج في تشغيلها إلى هواء مضغوط من خزان خاص (شكل ٢٥٨ – ٢جـ).

وفي نظم (دورات) الفرامل ذات الدائرتين يجب أن توصل كل من الدائرتين بخزان هواء خاص بها. وعند تلف أحدهما يقوم صمام تأمين الضغط (شكلا ٢٥٩ – ٢ و ٢٥٩ – ٢) بالمحافظة على مخزون الهواء المضغوط في الدورة السليمة.



٢٥٨ – ٢
أ) قطاع خلال صمام الفائض (التدفق الزائد) المثبت قبل خزان الهواء الثاني.
ب) يتشابه مع نوع أ في الشكل الخارجي مما يتطلب عناية ودقة خاصة عند اختيار الطراز المطلوب.
جـ) قطاع في صمام الفائض (التدفق الزائد) بدون تيار عكسي. يجب توصيل جميع الأجهزة الإضافية التي تحتاج إلى هواء مضغوط عن طريق هذا الطراز من الصمامات لأسباب تتعلق بأمان التشغيل.



٢٥٩ - ١

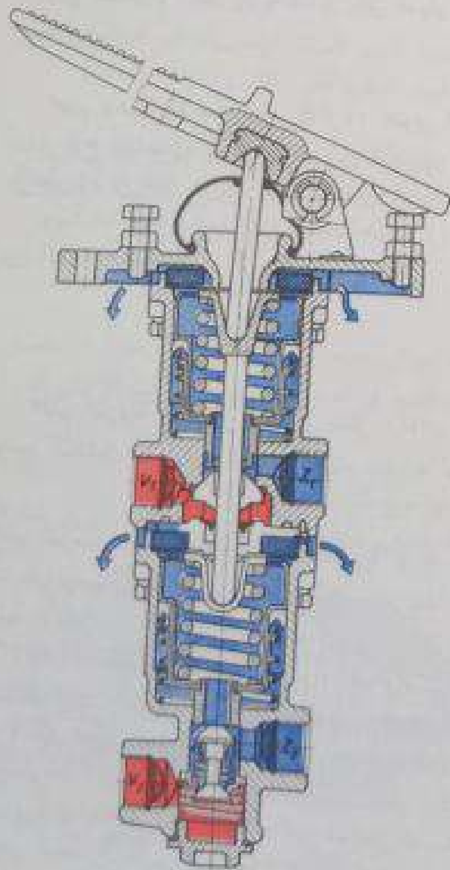
أ) قطاع في صمام دعسة الفرملة. وضع السير: قرص الصمام يلامس القاعدة ويمنع مرور الهواء المضغوط. ويتم استنزاف هواء أسطوانات الفرامل عن طريق الصمام (الأسهم الزرقاء).

ب) الكبح الجزئي: عند الضغط جزئيا على الدعسة يتحرك الكباس إلى أسفل بواسطة مسمار الضغط والنابض المعادل للشوط مما يؤدي إلى تلامس أنبوب الصمام مع قرص الصمام وقطع الاتصال بالهواء الخارجي. في المرحلة التالية يرفع قرص الصمام عن القاعدة فيتدفق الهواء المضغوط إلى أسطوانات الفرامل وإلى أسفل الكباس أيضا. عندئذ يتحرك الكباس عكسيا إلى أعلى ويرجع قرص الصمام إلى وضعه الأصلي على القاعدة، ويتحقق بذلك الوضع النهائي.

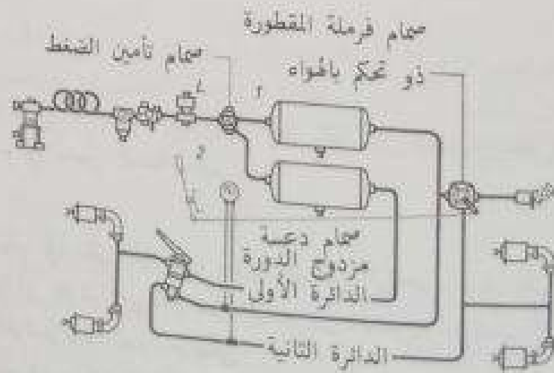
الكبح الكلي: عند ضغط الدعسة بقوة كبيرة حتى نهاية شوطها (لاحظ وجود مصد للنهايات)، يظل قرص الصمام مرفوعا، وبذلك ينتقل تأثير ضغط الهواء المخزون بكل قوته إلى فرامل العجلات.

٦ - ٦ - ٥ - ٢ الأجهزة الخاصة بنظام الفرامل في المركبات القاطرة (ذات المحرك)

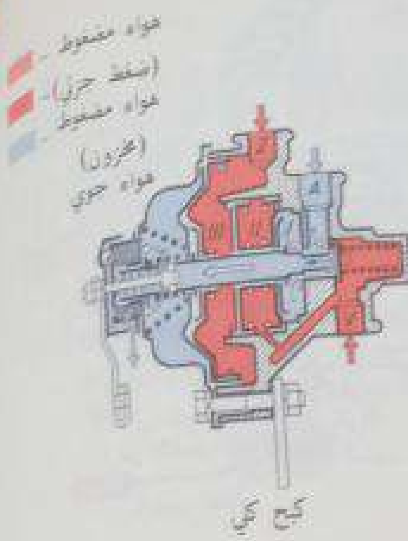
صمام دعسة الفرملة (شكل ٢٥٩ - ١): هو صمام منظم يتم تشغيله بالقدم. وبزيادة عمق دفع الدعسة يزداد الضغط في كل من موصلات الفرامل وأسطوانات الفرامل وكذلك أسفل كباس الصمام، مما يعرض القدم لقوة معاكسة تتناسب مع قوة الفرملة (إحساس



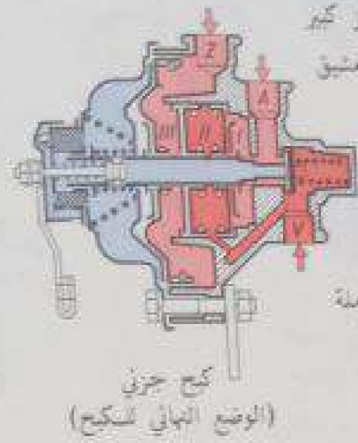
٢٥٩ - ٢ شكل تخطيطي لنظام (دورة) فرامل ذات دائرتي هواء مضغوط. تنطبق هذه التسمية على كل النظم التي تحتوي على أجهزة هيدرولية أو أجهزة مشغلة بالهواء المضغوط لنقل القوى الفرملية، بما فيها الخزان، بحيث يتم توصيل وسيط نقل القوى خلال تلك الأجهزة في دائرتين. أما الجزء الخاص بإمداد النظام بوسيط النقل المضغوط، فيمكن تصميمه بدائرة واحدة طبقا للقواعد المعمول بها، بشرط وجود وسيلة بيان صوتية أو ضوئية لتحذير السائق عند هبوط الضغط في الخزان الحاوي على وسيط النقل عن القيمة المسموح بها.

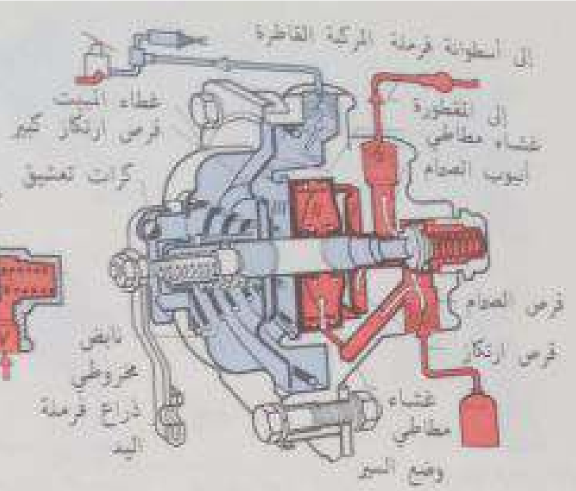


◄ ٢٥٩ - ٣ قطاع رأسي خلال صمام دعسة فرملة ثنائي الدائرة. يبين الشكل توزيع الضغط في وضع السير.



كبح كلي


كبح جزئي
(الوضع النهائي للكبح)



وضع السير

٢٦٠ – ١ قطاع في صمام فرملة المقطورة ذي تحكم بالهواء. وضع السير: يتدفق تيار الهواء المضغوط من خزان المركبة القاطرة عبر قرص الصمام وأنبوبه متجها إلى خزان المقطورة. ويسود في الغرفتين I، II نفس الضغط. ويعني هذا أن قوى النابض والغشاء في وضع اتزان مع بعضهم البعض.

الكبح الجزئي: يصل ضغط جزئي إلى الغرفة رقم III، قادم من صمام دعسة الفرملة. وقد اختيرت مقاسات الأجزاء العاملة في الجهاز بحيث يؤدي ارتفاع الضغط في هذه الغرفة بمقدار يتراوح بين 0,3 bar و 0,4 bar، إلى انخفاض الضغط في الغرفة I وفي الموصل الممتد إلى المقطورة بنحو 1,5 bar. ويتم كبح المقطورة عند هذه الضغوط المذكورة، بينما تكاد لم الفرامل الخاصة بالمركبة القاطرة أن تلامس الدارة، لأن تأثير الفعل الفرملي في المقطورة يبدأ ظهوره عند انخفاض الضغط في الموصل المؤدي إليها بمقدار يتراوح بين 1 bar و 1,3 bar. وبهبوط الضغط إلى القيمة 1,5 bar، يكون قد تعدى هذه القيم، ويبدأ كبح المقطورة، ويظل كرسي المركبة القاطرة والمقطورة في حالة شد. وعندما يصل الضغط في الغرفة رقم III إلى القيمة 4,0 bar، تصبح خطوط توصيل التحكم بدون ضغط ويتم كبح المقطورة كليا. ويحدث نفس التأثير في حالة انفصال المقطورة فجأة عن المركبة القاطرة. ويصل النظام إلى الوضع النهائي للكبح عندما يستقر أنبوب الصمام على قرصه ويستقر القرص على طوق المبيت.

الكبح الكلي: يتسبب الضغط المرتفع في الغرفة رقم III في رفع أنبوب الصمام عن قرصه. وبهذا يصبح خط التوصيل إلى المقطورة بلا ضغط. ويفتح صمام التحكم المركب في المقطورة، الطريق أمام الهواء المخزون في الخزان ليتدفق إلى أسطوانات الفرامل. ويحدث نفس التأثير عند فرامل اليد، حيث تعمل الذراع المثبتة على الصمام من الخارج، على جذب أنبوب الصمام الذي يضغط على النابض المخروطي. ويتم ذلك بواسطة كرات التعشيق.

كامل بالكبح). ويستعيض بعض منتجي الأجهزة أحيانا عن الصمام ذي القرص والأنبوب، بصمام مزدوج مخروطي (شكل ٢٥٩ – ١). كما يمكن استخدام رافعة زاوية للتأثير على مسمار الضغط بدلا من الدعسة. وفي هذه الحالة لا يتحتم تثبيت جسم الجهاز في أرضية غرفة القيادة مباشرة.

صمام دعسة الفرملة ثنائي الدائرة: يحتوي الصمام (شكل ٢٥٩ – ٢) على هيكل جهازين مثبتين فوق بعضهما البعض أو متجاورين أسفل لوح القاعدة، ويغذيان المحورين الأمامي والخلفي بالهواء المضغوط كلا على حدة. وتضم دائرة المحور الخلفي صمام فرملة خاص بالمقطورة، ذا تحكم هوائي، يقوم بتشغيل صمام التحكم الموجود في المقطورة (شكل ٢٥٩ – ٢).

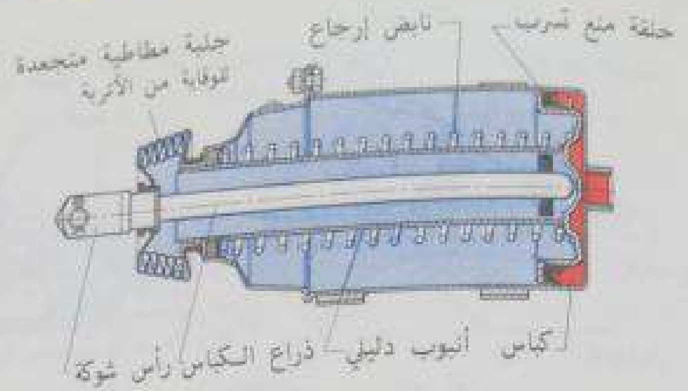
ويتشابه صمام دعسة الفرملة للشاحنات في شكله الخارجي مع الصمام ثنائي الدائرة ذي الجهازين المتجاورين. ولذا يجب عدم الخلط بين الطرازين.

صمام الفرملة اليدوية المبين في شكل (٢٥٥ – ٣): وهو صمام ذو سكينين يتيح للسائق كبح الشاحنة كلها أو المقطورة فقط طبقا لوضع التشغيل المختار له. وهذا الصمام مشابه لصمام الدعسة وهو مستخدم في بعض الشاحنات.

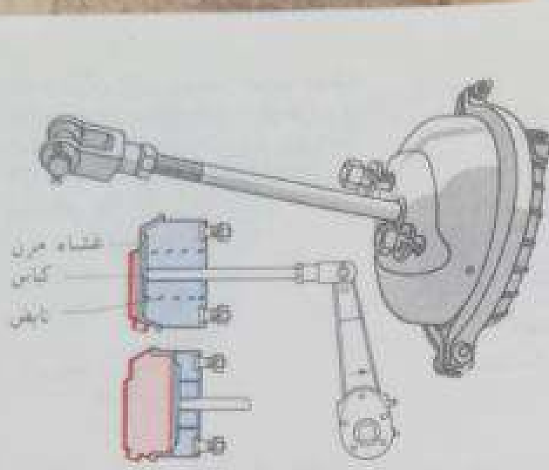
صمام الفرملة ذو التحكم الهوائي للمقطورة (٢٦٠ – ١): يتم تركيب هذا الصمام في نظم الفرامل ذات الموصل الواحد، قبل رأس القارنة الموصلة بالمقطورة، وعند الكبح يقوم هذا الصمام باستنزاف الهواء كليا أو جزئيا من الموصل الممتد إلى المقطورة. ويجب أن تتم عملية الاستنزاف بسرعة. لذلك يتم اختيار مكان تثبيته بحيث يكون طول الموصلات أقصر ما يمكن.

ويمكن استبدال نظام التحكم بالهواء المضغوط بآخر هيدروليكي، بتركيب الصمام في مركبة قاطرة (محرك) ذات كبح هيدروليكي. وتحتوي هذه المركبات القاطرة أيضا على جهاز للإمداد بالهواء المضغوط يستخدم فقط عند جر مقطورة تعمل فرملتها بالهواء المضغوط.

ويكاد محول الضغط أن يماثل صمام فرملة المقطورة ذا التحكم بالهواء، ويستخدم في نظم (دورات) الفرامل مزدوجة الموصلات التي تستعمل بها أسطوانة فرملة محملة بنابض، ويتم تركيبه قبل هذه الأسطوانة مباشرة، لكي يقوم بخفض الضغط بها عند تعرضه للضغط الفرملي، إذ ينخفض الضغط المعاكس لنوابض الأسطوانة - المضغوطة أثناء السير - عند الكبح. وعلاوة على ذلك فإن محول الضغط يخفض ضغط التخزين من 7 bar إلى 6 bar ليتلاءم مع أسطوانة الفرملة المحملة بنابض، إذ إنها مصممة لتعمل بالضغط المنخفض.



٢٦١ - ١ قطاع في أسطوانة فرملة ذات غرفة واحدة.
يتراوح الخلوص المسموح به بين الكباس وذراعه بين 1 mm و 2 mm. وبالرغم من ذلك تكون إعادة الضبط الدوري، وفي الوقت المناسب ضرورية. ونذكر في هذا المجال بأنه يجب ألا يقل سمك بطانات لقم الفرامل المستخدمة في الشاحنات عن 4 mm، لكي تؤدي الفرملة وظيفتها بأمان.



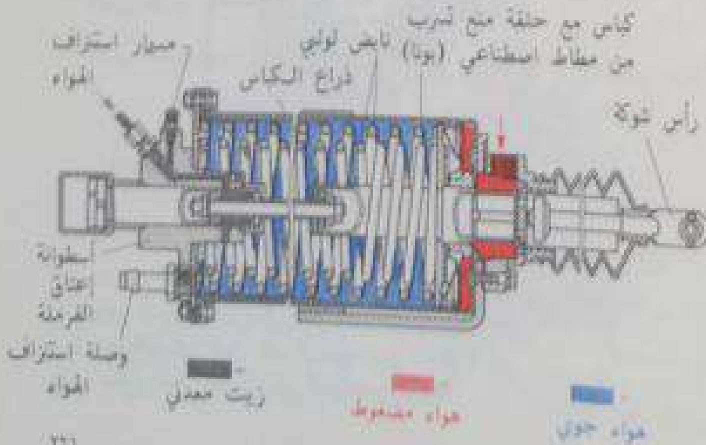
٢٦١ - ٢ منظر خارجي لأسطوانة ذات غشاء كباس وقطاع فيها. يتحقق الوصول إلى وضع الضبط النهائي للشوط عندما يكون الغشاء مسحوبا إلى أقصى مدى وتتلامس لفات النابض. عندئذ تصل القوة المؤثرة في أذرع الفرملة إلى الصفر، بينما تصل هذه القوة إلى أقصى قيمة لها عند تحرك الغشاء لمسافات قصيرة (46 mm على سبيل المثال).

أسطوانة الفرملة: تتعدد تصميمات أسطوانات الفرامل وأهم أنواع التصميمات الرئيسية هي:

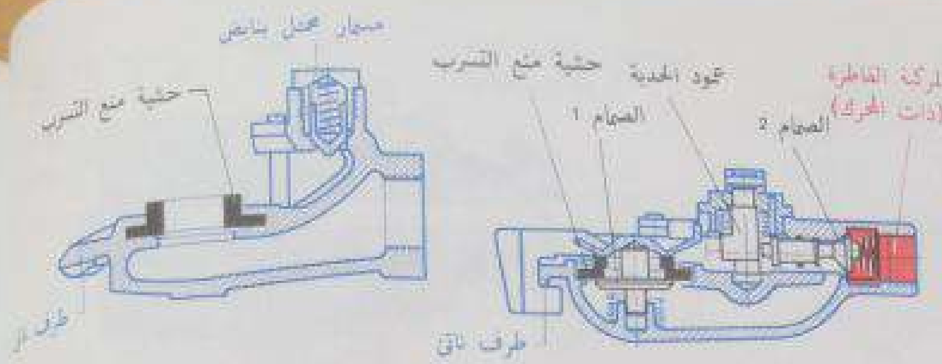
- أسطوانة الفرملة ذات الغرفة الواحدة (شكل ٢٦١ - ١) تضبط الفرملة بحيث تصنع الذراع المتأرجحة للكباس زاوية قائمة مع ذراع الفرملة، عند الوصول إلى نصف الشوط، وفي حالة الضبط الصحيح للفرملة. ويعمل وضع التركيب المائل للأسطوانة - إلى جانب الجلبة المطاطية المتجعدة - على حماية الأسطوانة من الأتربة والمياه.
- الأسطوانة ذات الغشاء المرن (شكل ٢٦١ - ٢): شاع استخدام هذا الطراز بدلا من الطراز السابق ذكره (شكل ٢٦١ - ١)، لأنه يحقق قوى كبيرة في الأذرع بعد شوط قصير. ويؤدي هذا إلى انعدام الأشواط غير الفعالة وبالتالي إلى انعدام ضرورة تكرار إعادة ضبط الفرملة.
- أسطوانة الفرملة المحملة بنابض (شكل ٢٦١ - ٣): يحتفظ هذا الطراز بقوته الفرملية كاملة حتى في حالة العطب الكامل لجهاز الإمداد بالهواء المضغوط، وتستمد هذه القوة الفرملية من النابض المنضغط أثناء السير. وعند تشغيل الفرملة يتم إخراج بعض الهواء المضغوط بواسطة محول الضغط (راجع صفحة ٢٦٠).
- أسطوانة الفرملة المزدوجة التي تعمل بالهواء المضغوط: يجمع هذا الجهاز بين الأسطوانة ذات الغرفة الواحدة، التي تشغل بفرملة القدم، وأسطوانة الفرملة المحملة بنابض، التي تعمل بفرملة اليد. ويفضل استخدام هذا الجهاز لكبح المحور الأمامي.

رؤوس الإقران (القارنات) (شكل ٢٦٢ - ١): توجد طرازات متعددة معروفة لرؤوس الإقران (القارنات) إلا أنه يجب تماثلها كلها في الأبعاد وفي طريقة أدائها لوظيفتها. ويشترط إمكان تركيب (إقران) المركبات القاطرة والمقطورات المنتجة في الدول المختلفة مع بعضها البعض، لتحقيق التعاون الدولي في مجال النقل.

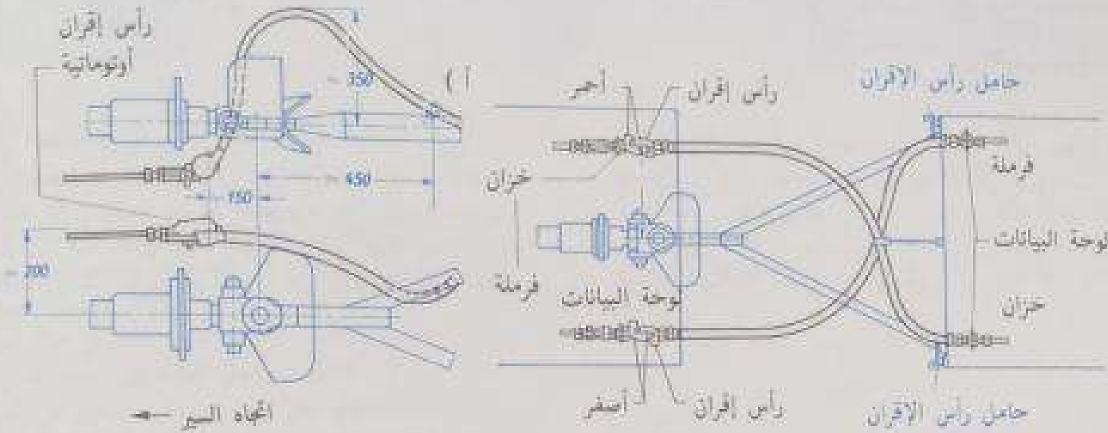
خراطيم الإقران (شكل ٢٦٢ - ٢) يجب تمديد هذه الخراطيم بحيث يمكن ذلكها بحركة دورانية عند رؤوس الإقران في حالة الانفصال الفجائي للمقطورة. أما في حالة استخدام النظام ذو الموصلين، فيجب مراعاة الأسلوب المتبع في تمديد الخراطيم وعلامات الألوان المميزة لرؤوس الإقران (أنظر شكل ٢٦٢ - ٢ ب).



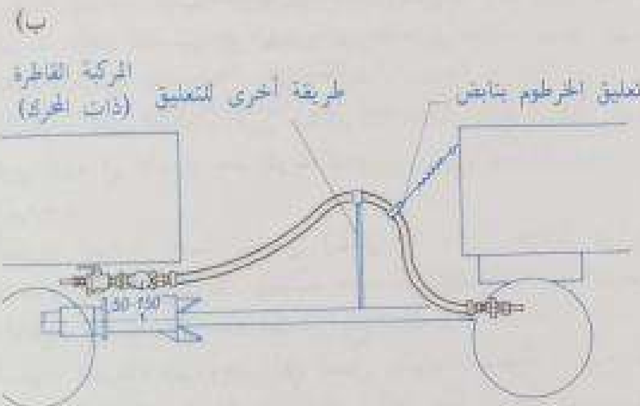
٢٦١ - ٣ أسطوانة الفرملة المحملة بنابض. يقوم الهواء المضغوط المتدفق أمام الكباس بضغط النابض في حالة إعتاق الفرملة (وضع السير). وعند تشغيل الفرملة يتم تحرير الطاقة المخزونة في النابض. ولكي يمكن إعتاق الفرملة أيضا بدون هواء مضغوط، تزود غرفة القيادة بمضخة يدوية تؤثر على أسطوانة إعتاق الفرملة، التي تعمل بضغط الزيت. ويمكن ضغط النوابض وإعتاق الفرملة عن طريق ضخ الزيت.



٢٦٢ - ١ رأس إقران أوتوماتية للمركبة القاطرة (ذات المحرك) يحمل الطرف الثابت للرأس في المقطورة على إدارة عمود الحدبة (الكامة) التي تفتح بدورها الصمام 2 عند الإقران. ويدا يحل هذا الصمام محل المحبس



ب)



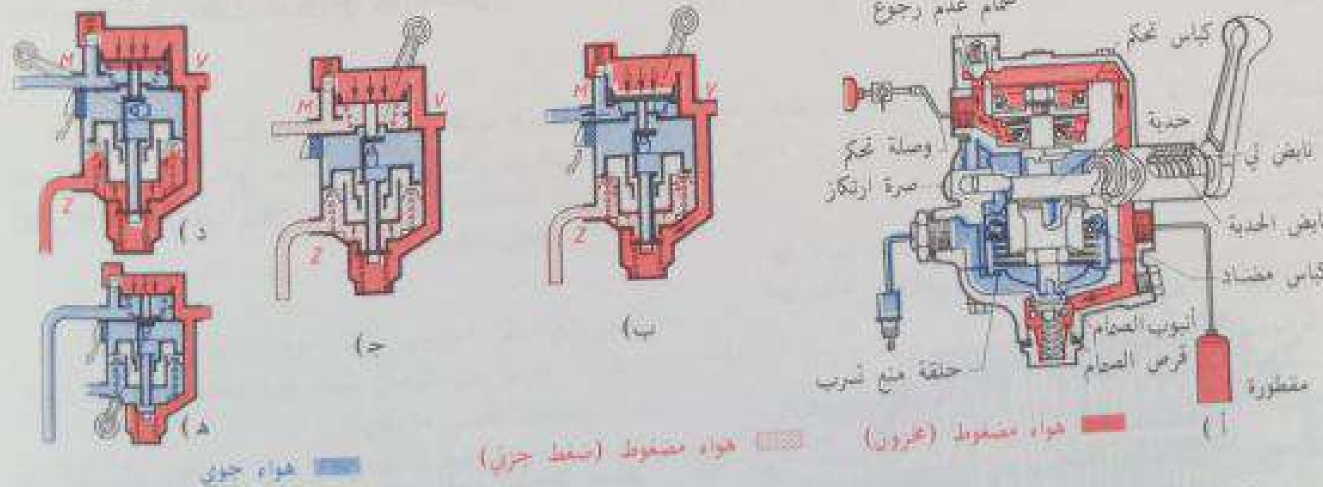
٢٦٢ - ٢

أ) يجب الالتزام بالأبعاد المبينة على الرسم لكي يتم فصل التعشيقة دون صعوبات.

ب) غالبا ما توصل الخراطيم بطريقة متقاطعة في بعض الدول الأوروبية، وتميز رؤوس الإقران بالألوان، إذ تلون وصلات التخزين باللون الأحمر ووصلات الفرامل (وصلات التحكم) باللون الأصفر. ولم يبت للآن في نظام موحد للتوصيل، إلا أن هناك حلولا مقترحة لاستخدام قارنات أو أصابع تمنع الإقران (التعشيق) الخاطئ.

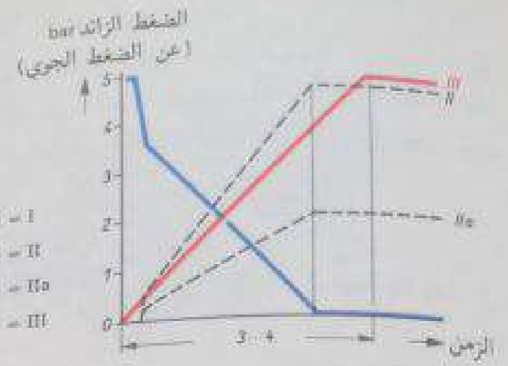
٦ - ٦ - ٥ - ٣ الأجهزة الخاصة بنظام الفرامل في المقطورة

يمكن الجمع بين صمام التحكم وصمام التنظيم تبعا للتحميل في المقطورة في جهاز واحد (شكل ٢٥٥ - ١)، أو استخدامهما كجهازين منفصلين، متصلين مع بعضهم البعض (شكل ٢٥٥ - ٢) و (شكل ٢٦٢ - ٣). وينتقل الهواء المخزون - أثناء السير - من المركبة القاطرة إلى خزان المقطورة، خلال هذا الصمام. ونظرا لاتصال هذه الوصلة بمنظم الضغط، يظل الضغط بها دون الحد الأقصى.



٢٦٢ - ٣ صمام تحكم وصمام تنظيم تبعا للتحميل موحدان في جهاز مشترك.
أ) وضع السير للأجهزة المبينة في القطاع.
ب) رسم تخطيطي لجهاز عند الكبح الكلي.
ج) الكبح الجزئي عندما يكون الذراع «محملا».
د) الكبح الكلي عندما يكون الذراع في الوضع (الاحمل) ووضع الكبح الكلي.
هـ) يضبط الجهاز على وضع «الإعتاق» حتى يمكن تحريك المقطورة بعد فصلها عن المركبة القاطرة، إذ يتم استنزاف الهواء من موصل التحكم وبالتالي كبح المقطورة فور فصلها عن المركبة القاطرة.





٢٦٣ - ١ رسم بياني لنسب الضغط

٢٦٣ - ٢ قطاع في محدد قوة الكبح

عند تشغيل الفرامل، يؤدي صمام التحكم في المقطورة نفس الوظائف التي يؤديها صمام الدعسة المثبت في المركبة القاطرة. أي أنه يوصل الهواء المضغوط إلى أسطوانات الفرامل. وعندما يقوم السائق بتشغيل الفرملة في المركبة القاطرة، ينخفض الضغط في موصلات التحكم نتيجة لذلك ويصبح الجهاز في وضع التشغيل. ويتم في نفس الوقت استنزاف الهواء عن طريق صمام فرملة المقطورة ذي التحكم بالهواء المضغوط. وتصمم هذه الدائرة (التوصيلة) التابعة بطريقة تسمح بوصول ضغط أكثر ارتفاعا إلى أسطوانات فرامل المقطورة المحملة عن الضغط الموجه إلى أسطوانات فرامل المركبة القاطرة، في حالة تحميل المقطورة وعند الكبح العادي. بذلك تظل المقطورة مشدودة إلى المركبة القاطرة.

ونظرا لاستخدام نفس الضغط السابق والمقطورة محملة جزئيا أو فارغة، فقد يبدأ خطر الإفراط في كبح المحاور (خطر الانقلاب)، لذلك يقوم صمام التنظيم تبعا للتحميل اللاحق لصمام تحكم المقطورة بخفض الحد الأقصى للضغط. وعلى السائق أن يقوم بضبط صمام التنظيم قبل انطلاقه بالشاحنة. وأوضاع الضبط لذراع الصمام هي:

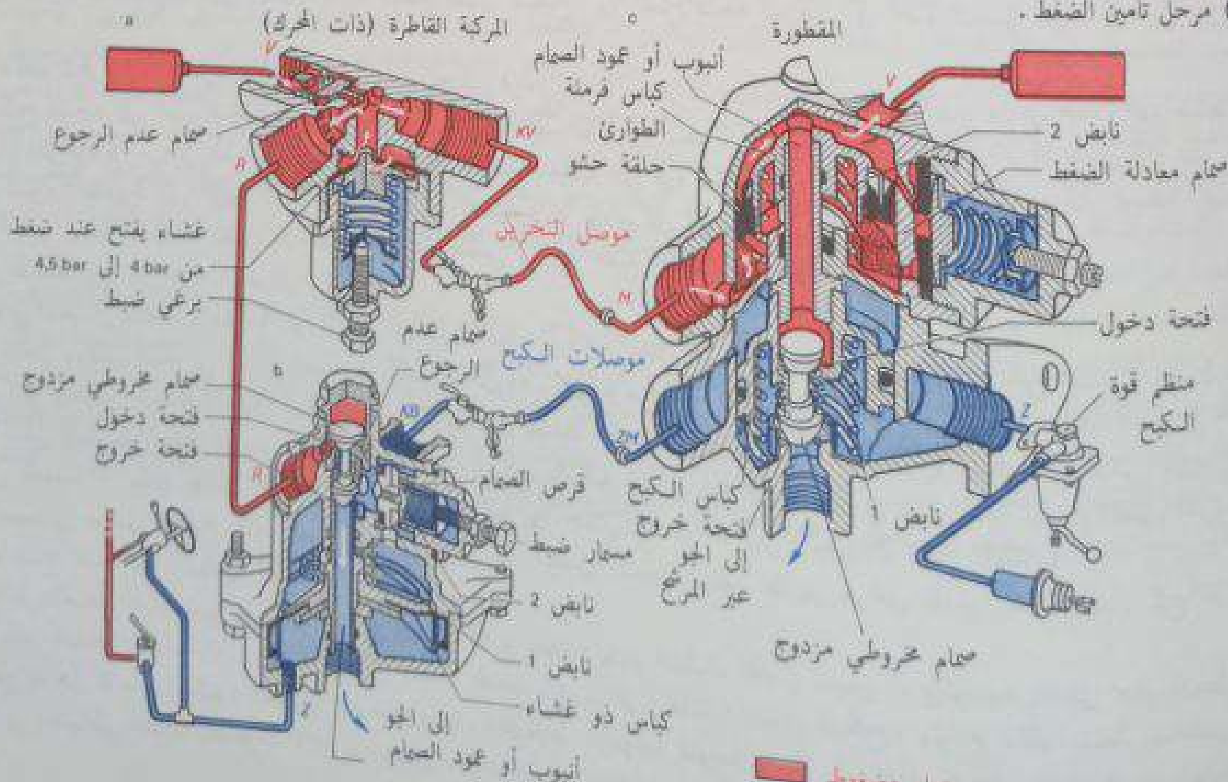
لاحمل (فارغ) - نصف محمل - محمل - معتق (شكل ٢٦٣ - ١)

محدد قوة الكبح: يقوم محدد قوة الكبح بنفس وظائف صمام التنظيم تبعا للتحميل (شكل ٢٦٣ - ٢). وتحتوي هذه الأجهزة على مسمار ضبط للتحكم في القيمة القصوى للضغط (من 2,5 bar إلى 3,5 bar) لمواءمة تغير تحميل العجلات أثناء الكبح.

يماثل هذا الجهاز تقريبا صمام التنظيم تبعا للتحميل المثبت بشقة، والمبين في شكل (٢٥٥ - ٣)، وذلك عند استبدال مسمار الضبط الملولب بذراع رافعة يمكن ضبطها في الأوضاع المذكورة سلفا من الوضع «فارغ» حتى الوضع «معتق»

٢٦٣ - ٣ التشغيل لأجهزة الموصلات المزدوجة في وضع السير (الفرملة حرة أي معتقة).

أ) صمام تحكم في المقطورة مزدوجة الموصلات.
ب) صمام التحكم في الضغط.
ج) مرجل تأمين الضغط.



٤-٥-٦-١ الأجهزة الخاصة المستخدمة في تجهيزة الفرامل ذات الموصلات المزدوجة

يقوم أحد الموصلين بنقل الهواء المضغوط إلى الخزان، بينما عند تمديد موصلين بدلا من موصل واحد بين المركبة القاطرة والمقطورة، يعمل الآخر كخط تحكم. لذلك لا يحتاج هذا التصميم إلى استنزاف الهواء من أي من الموصلين عند الكبح، مما يغني عن استخدام صمام فرملة المقطورة ذي التحكم بالهواء المضغوط. وتحتوي التجهيزة على الأجهزة التالية المركبة في خط الأنابيب قبل المحبس الذي يوجد غالبا في مؤخرة المركبة.

صمام التحكم في الضغط: ويستخدم في خط الأنابيب الموصل من خزان الهواء في المركبة القاطرة إلى صمام تحكم المقطورة ومنه إلى خزان الهواء الخاص بالمقطورة.

مرحّل (متمم) تأمين الضغط: يتصل المرحّل بتفرع خارج من خط الأنابيب الموصل إلى أسطوانات الفرامل، عن طريق وصلة على شكل حرف T. كما يتصل أيضا بصمام التحكم في المقطورة، ويمتد أنبوب يصل بين المرحّل وصمام التحكم في الضغط.

صمام التحكم في المقطورة (شكل ٢٦٥ - ١): يتصل هذا الصمام بالمركبة القاطرة خلال فتحتي توصيل. وعلى الرغم من أن هذا الجهاز يحمل نفس الإسم الذي يطلق على الجهاز المستخدم في تجهيزات الفرامل مفردة الموصل، إلا أنه يختلف عنه في التركيب الداخلي. وخلال الفترة الانتقالية لتوحيد نظم الفرامل سوف يستخدم - بجانب هذا الصمام - صمام تحكم يعمل مع كل من تجهيزات الفرامل مفردة الموصل، وتلك مزدوجة الموصلات، والذي يماثل تقريبا الصمام الخاص بالتجهيزات ذات الموصلات المزدوجة، ولكنه يتميز عنه بالخراطيم الثلاثة الخارجة منه.

وتعمل هذه الأجهزة الثلاثة المتصلة ببعضها بالطريقة التالية:

وضع السير: يقوم الهواء المضغوط - الداخل من الوصلة V لصمام التحكم في الضغط (a) (شكل ٢٦٥ - ١أ) - بإغلاق صمام عدم الرجوع. ثم يعمل الهواء على رفع الغشاء عن مقعد الإحكام بالمبيت، عندما يتراوح الضغط المانومتري بين 4 bar و 4,5 bar. وبذا يتدفق الهواء المضغوط خلال موصل التخزين إلى الوصلة M لصمام التحكم في المقطورة (c) (شكل ٢٦٥ - ١ج)، حيث يمر الهواء على حلقة الحشو المماثلة في تأثيرها لصمام عدم الرجوع، ليخرج الهواء بعد ذلك إلى الخزان مارا خلال الوصلة V. ويوجد علاوة على هذا خط موصل إلى الوصلة R ثم إلى الصمام المخروطي المزدوج المغلق (صمام دخول) والخاص بمرحل (متمم) تأمين الضغط (b) (شكل ٢٦٥ - ١ب).

وضع الكبح: عند الضغط على دعسة الفرملة، يمر هواء التخزين إلى الحيز أسفل الغشاء خلال الوصلة Z، فيبدأ الكباس في رفع عمود الصمام ضد ضغط النابض 1 ويغلق فتحة الخروج أولا، ثم يرفع الصمام المخروطي المزدوج ليتدفق الهواء خلال موصل الكبح إلى صمام التحكم في المقطورة. ويتعرض السطح العلوي لكباس الفرملة في هذا الصمام - لضغط الهواء، فيتحرك إلى أسفل ساحبا معه عمود الصمام المثبت فيه بلولب، ويدفع الصمام المخروطي المزدوج حتى يستقر على قاعدة فتحة الخروج. ثم يفتح الطريق بعد ذلك لدخول الهواء المضغوط. عندئذ يتدفق الهواء المختزن خلال العمود المجوف إلى منظم قوة الكبح ومنه إلى أسطوانات الفرامل. ويؤثر الضغط الموجود في أسطوانات الفرامل على السطح السفلي لكباس الفرملة أيضا.

يتخذ كباس الفرملة وضعه النهائي عند تساوي ضغط التحكم عند الوصلة ZM مع الضغط في أسطوانات الفرامل، بمساعدة قوة النابض (1). وهذا يعني إغلاق كل من فتحتي الدخول والخروج لهذا الجهاز. ويؤدي أي ارتفاع في الضغط القادم من موصل الكبح إلى ارتفاع الضغط في أسطوانات الفرامل وإلى تحديد جديد للوضع النهائي للكبح. ولا تفتح فتحة الدخول في صمام التحكم كلية، إلا عند الكبح الكلي.

ويتم كذلك كبح (خفض سرعة) المقطورة المزودة بتجهيزة فرامل ذات موصلات مزدوجة بضغط سابق. ويعني هذا وجود ضغط في موصل الكبح المتجه إلى صمام التحكم في المقطورة أعلى من الضغط المؤثر في أسطوانات فرامل المركبة القاطرة، مما يؤدي إلى عدم رفع قرص الصمام الموجود في مرحل تأمين الضغط من قاعدته إلا بعد التغلب على قوة الضغط الناتجة عن النابض (2) ومسمار ضبطه. عندئذ يبدأ تدفق الهواء المضغوط إلى الجهة العليا للكباس ذي الغشاء، مما يؤدي إلى الوصول إلى الوضع النهائي للكبح.

وعند تحرير دعسة الفرملة تعمل الأجهزة بتسلسل عكسي وترجع جميع الأجزاء الداخلية إلى وضعها الأصلي.

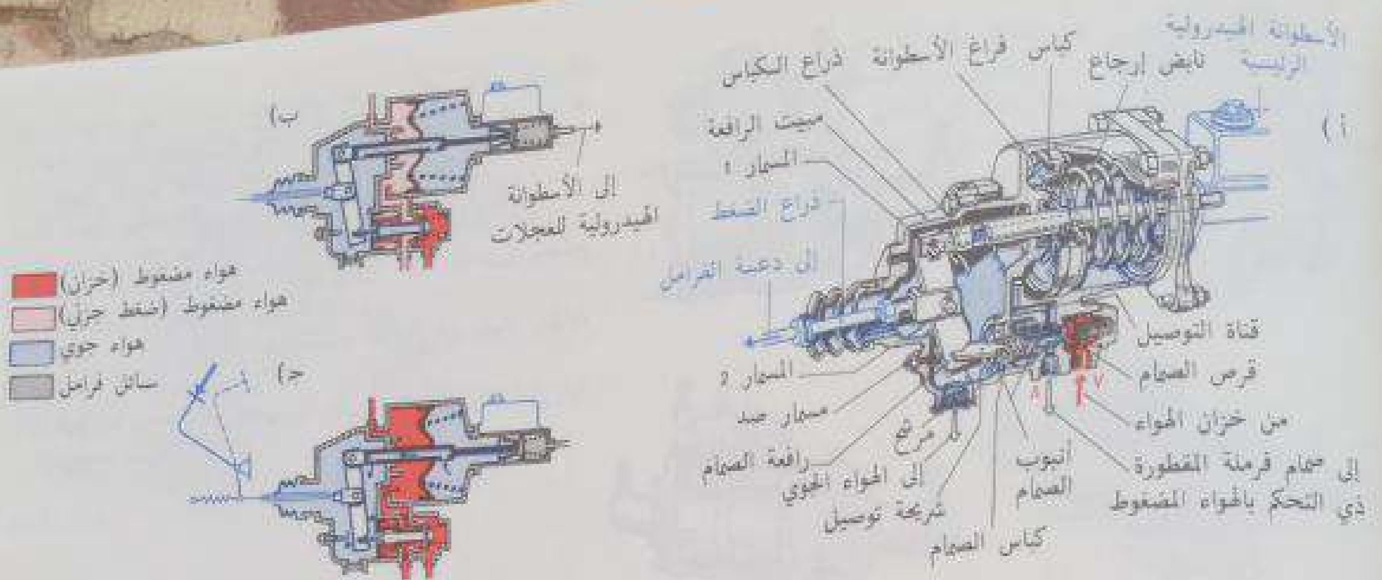
الكبح الاضطراري في حالة انفصال المقطورة:

بينما يؤدي انفصال المقطورة مفردة الموصل إلى استنزاف الهواء تماما من ذلك الموصل، كما هو الحال عند الكبح الكلي، يحدث فقد في الضغط داخل موصل التخزين نتيجة انفصال المقطورة المزودة بتجهيزة مزدوجة الموصلات. ويتبع هذا إغلاق حلقة الحشو في صمام تحكم المقطورة. فيتعرض السطح العلوي لكباس فرملة الطوارئ لضغط الهواء المخزون القادم من الخزان ويتحرك الكباس تحت تأثير الضغط إلى أسفل ويضغط أنبوب الصمام وكباس الفرملة المثبت فيه باللولبة في نفس الاتجاه. ويتم في هذه الحالة إرساء الصمام المخروطي المزدوج على قاعدته - مثلما يحدث عند الكبح - ليفتح الطريق خلال فتحة الدخول، ومن ثم تكبيح المقطورة.

وعند انفصال موصل الكبح فقط يتم استنزاف الهواء من موصل التخزين عن طريق مرحل تأمين الضغط أثناء كبح المركبة القاطرة، مما ينتج عنه كبح المقطورة أيضا.

وإذا انخفض الضغط المانومتري إلى قيمة تتراوح بين 4,0 bar و 4,5 bar يقوم الغشاء المحمل بنابض - والموجود بداخل صمام التحكم في الضغط - بغلق الفتحة المقابلة له. وهذا يعني أن الصمام يحافظ أيضا على حالة استعداد الكبح، ولو تم ذلك بضغط منخفض.

ولا ترجع درجة الأمان الكبيرة لتجهيزة الفرملة بالهواء المضغوط مزدوجة الموصلات إلى استخدام ضغط مرتفع فحسب، ولكنها تكمن أيضا في احتياطي الهواء المضغوط الذي لا ينضب، والموجود في المقطورة، لأن تدفق الهواء إلى المقطورة ذات التجهيزة مفردة



٢٦٥ - ١ قطاع في مؤازر قوة الكبح ذي غرفة واحدة؛ أ) في وضع السير ب) رسم تخطيطي لوضع الكبح الجزئي. ج) وضع الكبح الكلي

الموصل ينقطع عند الكبح، مما قد يسبب فراغ خزانها من الهواء نتيجة لأداء الكبح بصورة متكررة ومجانية. وينجم عن ذلك تحرك المقطورة بدون كبح في اتجاه المركبة القاطرة، الأمر الذي يمثل خطرا حقيقيا لوقوع الحوادث. ولذلك فإن وظيفة موصل التخزين تنحصر في إمداد خزان المقطورة بالهواء المضغوط باستمرار، حتى أثناء عملية الكبح.

٦ - ٦ - ٥ - ٥ الأجهزة الخاصة بتجهيزات الفرامل الهيدرولية ذات مؤازرة بالهواء المضغوط (شكل ٢٦٥ - ٢)

تحتاج الشاحنات والحافلات الثقيلة (حمولة 2,5t إلى 4,5t) إلى قوة قدمية كبيرة أثناء الكبح قد لا يستطيع السائق بذلها باستمرار. لذلك يستخدم مؤازر قوة الكبح ذو غرفة واحدة (شكل ٢٦٥ - ١)، يركب بين دعسة الفرملة والأسطوانة الهيدرولية الرئيسية. إلا أن الاتصال الميكانيكي بين الدعسة والأسطوانة الهيدرولية يبقى قائما ويسمح بكبح المركبة في حالة عدم وجود هواء مضغوط.

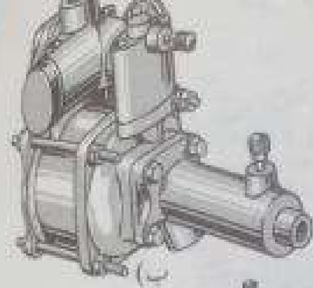
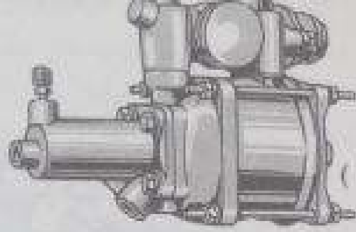
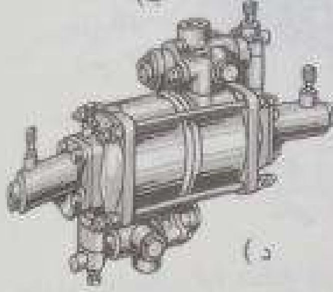
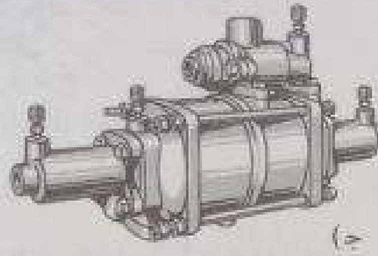
ويتكون مؤازر قوة الكبح ذو الغرفة الواحدة من أسطوانة فرملة بالهواء المضغوط ومركب بها صمام فرملة. ويتم إحكام الفراغ الداخلي للأسطوانة فقط، لمنع تسرب الضغط. ويتصل فراغ الأسطوانة - عن طريق فتحة توصيل - بجهاز قياس الضغط ومفتاح يعمل بالهواء المضغوط، لتشغيل الإشارات الضوئية عند الكبح.

وضع السير: يغلق الطريق أمام الهواء المضغوط القادم من الخزان نتيجة لاستقرار قرص الصمام - المركب في صمام الفرملة - على قاعدته بالمبيت. ويتصل الحيز الموجود به نابض الإرجاع مع مبيت الرافعة عن طريق ذراع الكباس المجوف. وتتصل هذه بدورها مع الهواء الخارجي عن طريق المرشح. وكذلك يتصل حيز الأسطوانة عند هذا الوضع مع الهواء الجوي عن طريق قناة التوصيل وأنبوب الصمام المرتفع عن القرص، وكذلك خلال مبيت الرافعة والمرشح.

الكبح الجزئي: عند الضغط على دعسة الفرامل، تدور رافعة الصمام حول المسمار ١. فتضغط شريحة التوصيل على أنبوب الصمام لكي يلامس قرص الصمام أولا. وبذلك يتم قطع الاتصال بالهواء الخارجي. أما في المرحلة الثانية، فيرفع قرص الصمام عن قاعدته ليدخل الهواء المضغوط إلى الأسطوانة. ويضغط الكباس الكبير - بواسطة ذراعه - على الكباس الهيدرولي الرئيسي. وحينئذ تستجيب الفرملة. ويؤثر ضغط الهواء في نفس الوقت على كباس الصمام. وتؤثر القوة الناتجة عن ذلك في اتجاه معاكس لقوة ضغط القدم على الدعسة (إحساس كامل بالكبح)، كما تسحب هذه القوة أنبوب الصمام إلى الخلف حتى يصبح قرص الصمام ملامسا لقاعدته في الجسم مرة أخرى. وبذلك تصل الفرملة إلى الوضع النهائي لها. وتؤدي كل زيادة في قوة ضغط القدم إلى تكرار العملية من جديد.

الكبح الكلي: عند التأثير بقوة قدمية كبيرة، يتم التغلب على القوى المعاكسة لكل من كباس الصمام والنوابض فيقوم أنبوب الصمام برفع قرص الصمام - الملامس له - من قاعدته في المبيت. ولا يتغير هذا الوضع طالما بقيت قوة ضغط القدم ثابتة. وبذلك يؤثر ضغط هواء الخزان بكل قوته.

ويمكن تشغيل هذا الجهاز هيدروليا، إذا أريد تثبيته في مكان آخر مناسب بالمركبة. وتوضع في هذه الحالة أسطوانة هيدرولية مستقبلة قبل مبيت الرافعة. أما الأسطوانة المرسلة (باثة الضغط) فتثبت على جسم دعسة الفرملة. وتعمل الأجهزة المبينة بشكل (٢٦٦ - ١) بنفس الأسلوب، ويمكن اختيارها طبقا لأطوال الأشواط وأقطار كباسات الهواء المضغوط وأقطار كباسات مؤازرات الضغط وأقطار كباسات التحكم المطلوبة. وتشكل حرية اختيار الأبعاد المطلوبة لهذه الأجزاء الداخلية، حلا لأي مشكلة في التجهيزة الهوائية والهيدرولية تتعلق بالضغط أو الحجم. ويجب على فني الإصلاح مراعاة أن الأجهزة المتشابهة في مظهرها الخارجي قد تختلف في تركيبها الداخلي.

٢٦٦ - ١ موازر قوة الكبح لتجهيزات الفرامل التي ... وبالهواء المضغوط والمعروف أحيانا باسم جهاز هيدروهوائي. ليس هناك من ضرورة لتركيب هذه الأجهزة في مكان قريب من دعسة الفرملة، ويمكن تثبيتها في أي مكان مناسب آخر.
أ) طراز S يصلح لجميع المركبات الآلية
ب) طراز SV له رأس تحكم ذات تجهيزة سبق التشغيل، وتصلح للاستخدام في تشغيل فرامل المقطورة.
ج) طراز Z يستخدم في المركبات المزودة بتجهيزة هيدرولية مزدوجة الدورة.
د) طراز ZZ يستخدم في التجهيزات ذات النظم الهوائية والهيدرولية مزدوجة الدورات.

٦ - ٦ - ٥ - ٦ الأجهزة الخاصة بتنظيم قوة الكبح أوتوماتيا تبعا للحمل (ALB)

ملاحظات عامة: يتغير تحميل محاور المركبة المختلفة أثناء الكبح، ويتطلب ذلك تغيير قوى الكبح المؤثرة على كل محور. ويمكن تحقيق ذلك بالطرق التالية:

- استخدام أسطوانات وفرامل ذات أحجام مختلفة، أو
- استخدام محدد قوة الكبح.

إذا تغيرت نسب توزيع الأحمال على المحاور المختلفة بطريقة غير منتظمة مع الأحمال المختلفة للمركبة، فيجب استخدام منظم لقوة الكبح يعمل طبقا للحمل، حتى لا تطول مسافة الكبح أو يحدث انزلاق لعجلات أحد المحاور نتيجة لتوقفها المفاجئ عن الدوران.

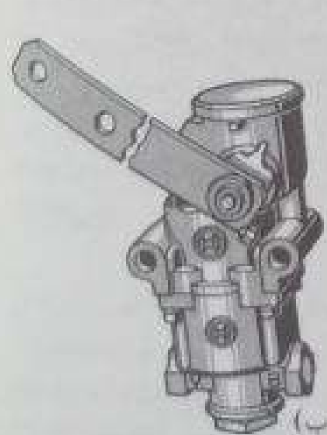
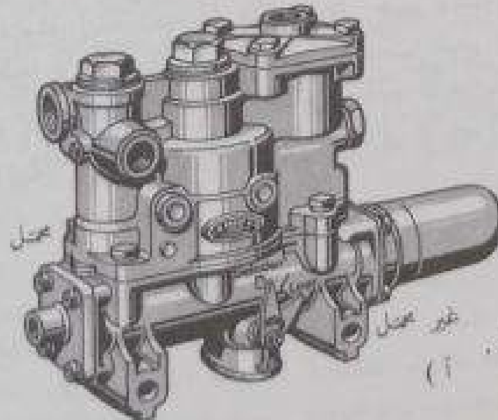
ولا تقدم الأجهزة المصممة لهذا الغرض ضمانات كاملة لتفادي التوقف المفاجئ للعجلات، نظرا لأن ضبطها يتم على أرضية طرق جافة ذات مقدرة إحتكاك عالية.

وعند الكبح تتعرض كل من الشاحنات ذات المقطورات السرجية والمركبات القاطرة والحافلات ذات المحرك الخلفي، لتغيرات كبيرة في أحمال المحاور. وتحيد المقطورة السرجية ذات سطح التحميل المنخفض عن هذه القاعدة، حيث لا يسمح ارتفاعها المنخفض بحدوث انخفاض ديناميي ملموس لحمل الواقع على المحور الخلفي. ولذلك لا تحتاج هذه المقطورة إلى تركيب أجهزة كبح إضافية. ويجب ملاحظة أن التنظيم الأوتوماتي المتوقف على الحمل يجب أن يضم كل المحاور، ويجب أن يشمل كلا من المركبة القاطرة والمقطورة، في حالة الشاحنات ذوات المقطورات السرجية.

يتم التنظيم (التحكم) الأوتوماتي بواسطة جهاز واحد أو جهازين (أنظر شكل ٢٦٦ - ٢) أو أربعة أجهزة، تبعا للشركة المنتجة (صمام اللاحمل - صمام منظم - الجسم النابض - صمام الفصل أو الاعتاق). وسوف نتعرض هنا بالشرح للنظام ذي الجهازين.

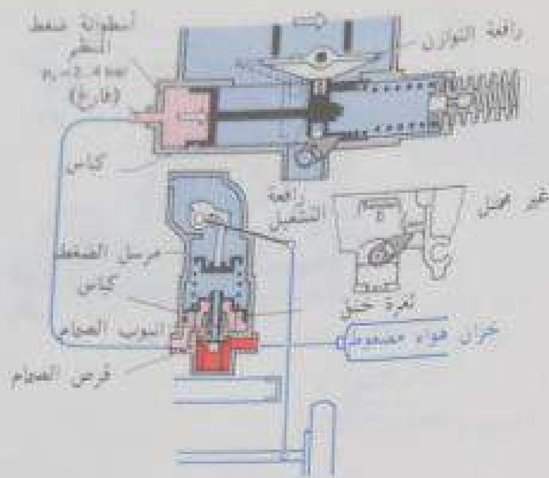
مرسل الضغط (شكل ٢٦٧ - ١) ويماثل الشكل الداخلي لجزئه السفلي، صمام دعسة الفرملة ويعمل أيضا بنفس الطريقة مع فارق أن مرسل الضغط يتخذ الوضع النهائي للكبح دائما.

وبمقارنة الشكلين (٢٦٧ - ١) و (٢٥٩ - ١) يمكن فهم أسلوب التشغيل بطريقة أفضل. وتستخدم ثغرة خنق ذات أبعاد مناسبة لكي لا يتأثر ضبط الجهاز بنبض جسم المركبة أثناء سيرها على الطرق الوعرة. وتكون هذه الأبعاد من الكبر بالقدر الذي يسمح للضغط المرسل

٢٦٦ - ٢ منظر خارجي لكل من:
أ) منظم قوة الكبح خاص بفرملة تعمل بالهواء المضغوط.
ب) مرسل الضغط الملحق به.

٢٦٧ - ١ رسم تخطيطي لمرسل الضغط وأسطوانة ضبط المنظم (الجزء الأسفل من منظم قوة الكبح). يتصل مرسل الضغط مع محور المركبة عن طريق رافعة تشغيل، وهو يتحكم في الضغط المرسل إلى أسطوانة الضبط تبعا لحمل المحور. ففي حالة المركبة المحملة كلية يرسل ضغط قدره 0bar، وفي حالة المركبة الفارغة يتراوح الضغط بين 2bar و 4bar، يتم بعد ذلك تخفيض الضغط الفرملي في منظم قوة الكبح بنسب تختلف من (١:١) إلى (١:٩)، تبعا لضغط الضبط المرسل.



إلى أسطوانة ضبط المنظم، بأن يؤثر على السطح السفلي للكباس في مرسل الضغط، عند تغير الحمل. وبهذا تصادف القوة المؤثرة في الجزء العلوي - والقادمة من رافعة التشغيل - القوة المضادة لها. وعند تساوي القوتين، تظل فتحة الخروج مغلقة بواسطة أنبوب الصمام الملامس لقرص الصمام. ونظرا لارتكاز قرص الصمام على قاعدته، تظل فتحة الدخول أيضا مغلقة.

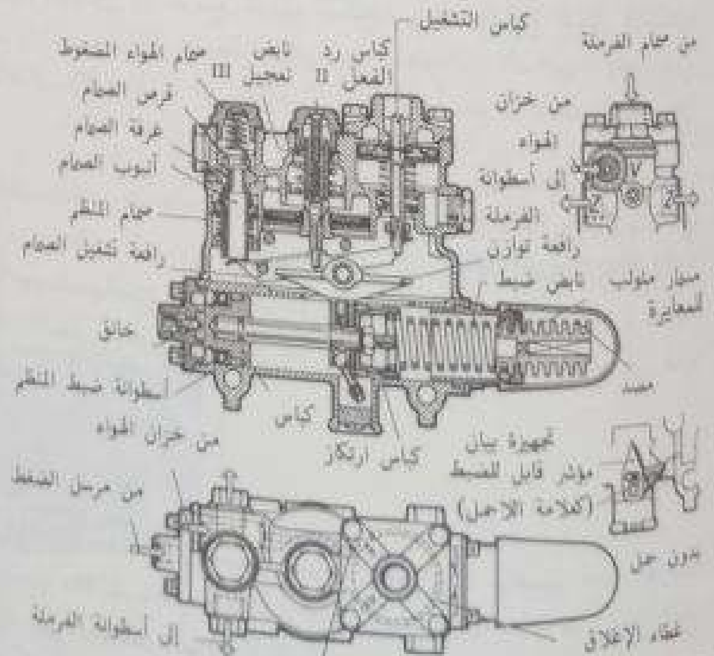
ويرتفع أنبوب الصمام من مكانه على قرص الصمام - الذي يمنع دخول الهواء المخزون - في حالة التحميل الكامل فقط. ينشأ عن هذا الرفع اتصال كل من أسطوانة ضبط المنظم، وخط أنابيب الموصلات، وغرفة الكباس الخاصة بمرسل الضغط، مع الهواء الخارجي.

منظم قوة الكبح (شكل ٢٦٧ - ٢). يتكون منظم قوة الكبح من جزءين رئيسيين وهما أسطوانة ضبط المنظم وصمام المنظم. وهما مثبتان معا بواسطة وصلة ملولبة.

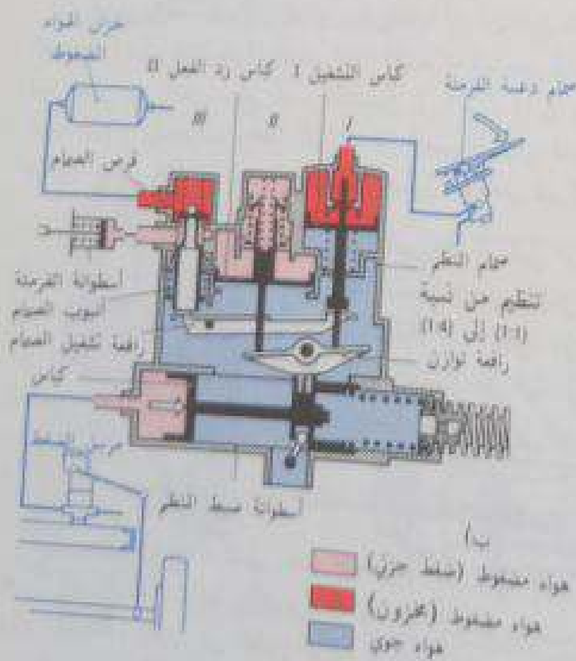
أسطوانة ضبط المنظم، وهي تمثل الجزء السفلي من الجهاز، وتحتوي على كباس مثبتة به رافعة التوازن (شكل ٢٦٧ - ٢). يدفع الكباس رافعة التوازن إلى اليمين أو اليسار ضد قوة نابض الضبط، تبعا لمقدار الضغط المؤثر عليه. ويمكن تغيير قوة النابض بإدارة مسمار الضبط ذي اللولب اليساري. ونظرا لتساوي خطوة لولب المسمار مع خطوة النابض، يمكن تقصير طول النابض وزيادة صلادته (جساءته). ويراعى أن مواءمة وضع الضبط الأساسي لمنظم قوة الكبح تتم بعد تركيبه في المركبة مباشرة، أثناء إنتاجها.

صمام المنظم (شكل ٢٦٧ - ٢)، يتكون صمام المنظم من الغرفة I ذات كباس التشغيل، والغرفة II ذات كباس رد الفعل، والغرفة III ذات صمام الهواء المضغوط.

عند الكبح، ينتقل الضغط من صمام دعسة الفرملة إلى كباس التشغيل، فتدفع الصمولة المثبتة على ذراع الكباس برافعة التشغيل إلى أسفل. وتقوم هذه بدورها برفع أنبوب الصمام. وإذا ارتكز الأنبوب على قرص الصمام، تكون فتحة الخروج في هذه الحالة مغلقة.



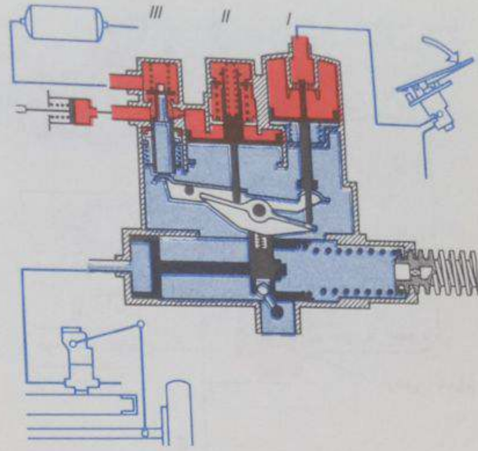
أ)



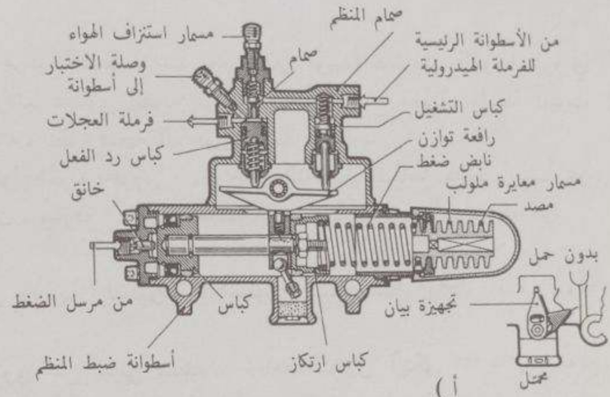
ب)

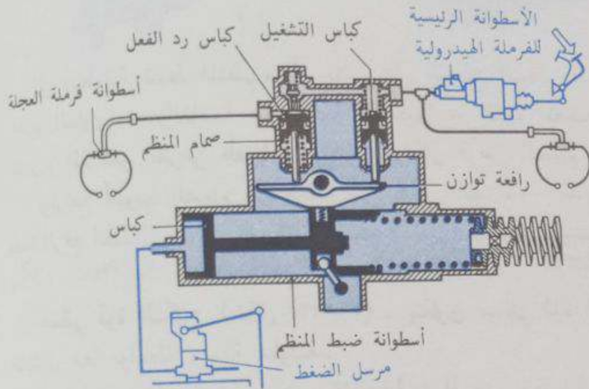
٢٦٧ - ٢

ب) رسم تخطيطي لطريقة التشغيل في حالة الاحمل عند الكبح الكلي.



٢٦٨ – ١ رسم تخطيطي لمنظم قوة الكبح عند الكبح الكلي والحمل الكامل.





٢٦٨ – ٢
أ) قطاع في منظم قوة الكبح بتجهيزة مؤتلفة للفرامل.
ب) رسم تخطيطي لطريقة عمل المنظم عند التحميل الكامل والكبح الكلي.

ويتدفق الهواء المخزون إلى أسطوانة الفرامل، عند رفع قرص الصمام. ثم يدخل كذلك إلى الحيز الموجود فوق كباس رد الفعل خلال ثقب صغير، يعمل على حفظ الاتصال بالصمام. ويضغط كباس رد الفعل على رافعة التوازن بعد أن يتغلب على قوة نابض السبق (التعجيل) (يمكن ضبطه بضغوط تتراوح بين $p_o = 0{,}2$ bar و $p_o = 0{,}6$ bar). وتقوم رافعة التوازن بدورها بتحريك كباس التشغيل مرة أخرى إلى أعلى. وتتحرك معه رافعة تشغيل الصمام إلى المدى الذي يجعل أنبوب الصمام يستقر على القرص، الذي يلامس بدوره القاعدة. وبذلك يتحقق الوضع النهائي للكبح.

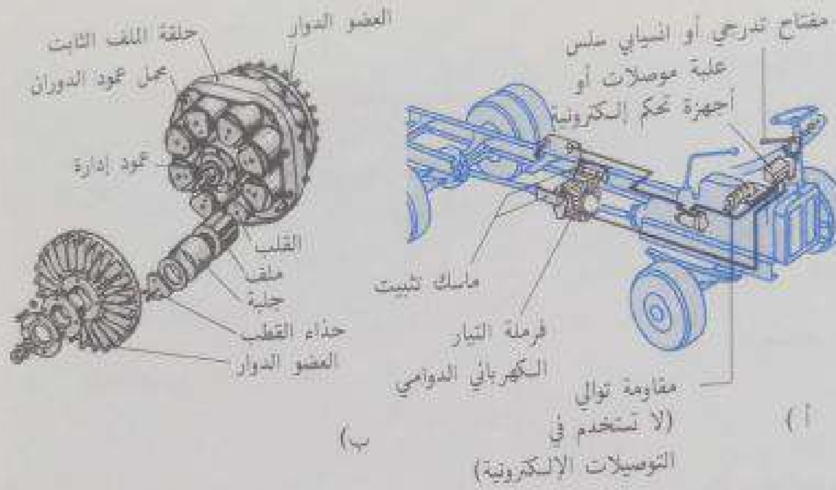
وتخضع رافعة التوازن لقانون الروافع. أي أن عزم الدوران الأيسر = عزم الدوران الأيمن. وكلما انتقلت رافعة التوازن إلى الجهة اليسرى (شكل ٢٦٨ – ١) زادت القوة اللازم بذلها من كباس رد الفعل، للوصول إلى الوضع النهائي للكبح. وعند الوضع النهائي لا تكفي قوة كباس رد الفعل لرفع كباس التشغيل إلى أعلى، مما يؤدي إلى استمرار التأثير الكلي لضغط الخزان على أسطوانات الفرامل. وهذا يعني كبحا كليا. وتنحرف رافعة التوازن إلى أقصى اليسار فقط، في حالة استنزاف الهواء من غرفة الكباس في أسطوانة ضبط المنظم عن طريق مرسل الضغط أي في حالة التحميل الكامل للمركبة.

ولا تعمل منظمات قوة الكبح في تجهيزات الفرامل الهيدرولية والهواء المضغوط (الهيدروهوائية) مثل الأجهزة السابق ذكرها، أي بتوصيلة مرحل، إنما تعمل طبقا لمبدأ التحكم المباشر (شكل ٢٦٨ – ٢)، إذ ينتقل السائل عند الكبح من الأسطوانة الهيدرولية الرئيسية إلى غرفة كباس التشغيل ومنها إلى غرفة كباس رد الفعل خلال توصيلة بينهما. وتحتاج بطائن الفرامل إلى ضغط يتراوح بين 6 bar و 8 bar، لكي تصل لوضع الفرملة. ولذلك فإن التغلب على قوة النابض المثبت أسفل كباس رد الفعل يتم فقط عندما يرتفع الضغط إلى هذه القيمة. آنئذ تتحرك رافعة التوازن وتبدأ عملية التحكم السابق ذكرها.

٦ – ٦ – ٥ – ٧ أجهزة الفرملة الثالثة (الفرملة الدائمة)

ملاحظات عامة: تعتبر هذه التجهيزة الإضافية إجبارية للمركبات المستخدمة في بعض الدول الأوروبية. وتصمم هذه الفرملة بحيث يمكن قيادة المركبة والمقطورة التابعة لها على طريق منحدر يميل بمقدار 7% لمسافة 6 km، بسرعة ثابتة مقدارها 30 km/h. وبعد قطع هذه المسافة، يجب أن تحقق المركبة والمقطورة النسبة المئوية الفرملية التي تحددها اللوائح المنظمة.

طرازات المركبات القاطرة: بعد أن حاز طراز معين أفضلية الاستخدام لفترة طويلة، أصبح من الواجب إيجاد حلول مختلفة في هذا المجال منها ما يلي:



٢٦٩ - ١ فرملة التيار الدوامي. يولد الجهاز أقصى عزم فرملي عند سرعة دوران قيمتها n=500 r.p.m. ويظل العزم بعد ذلك ثابتا دون أن يتأثر بسرعة الدوران. تستخدم هذه الفرملة في مركبات تتراوح حمولتها بين 6 t و 55 t، ويتراوح وزنها بين 100 kg و 360 kg. وباستعمال هذه الفرملة يمكن خفض سرعة مركبة محملة تحميلا كاملا من سرعة 70 km/h إلى سرعة 10 km/h في مسافة تبلغ حوالي 200 m، عند سيرها على طريق شديد الانحدار.

فرملة المحرك: بالرغم من اختلاف طرق تشغيلها إلا أنها لا تخرج عن وجود قلاب (صمام خنق) في مشعب العادم للمحرك رباعي الأشواط، يؤدي إلى ارتفاع ضغط غازات العادم وازدياد نسبة التأثير الفرملي للمحرك بمقدار الثلثين. وفي نفس الوقت ينقطع تدفق الوقود إلى المحرك بطريقة جبرية.

إزاحة عمود الحدبات (الكامات): تستخدم هذه الطريقة في محرك الديزل ثنائي الشوط المزود بصمامات لخروج العادم. تبقى الصمامات مغلقة أثناء شوط الطرد، عند إزاحة عمود الحدبات في الاتجاه الطولي، فتزداد قوة الكبح.

فرملة التيار الدوامي (شكل ٢٦٩ - ١): يتم تثبيت عضو إنتاج ساكن مع إطار المركبة بين صندوق التروس ومحور الجر، بينما يدور عضو إنتاج دوار (الملف المتحرك) مع العمود المفصلي (عمود الكردان) ويولد التيار الكهربائي المرسل من مصدر الإمداد بالطاقة مجالا مغنطيسيا قابلا للضبط في الملفات الحثية الكهرومغنطيسية بالعضو الساكن. ويعمل هذا المجال على كبح العضو الدوار المكون من رقائق قرصية من الحديد المطاوع بقدر يتناسب مع التيار المرسل.

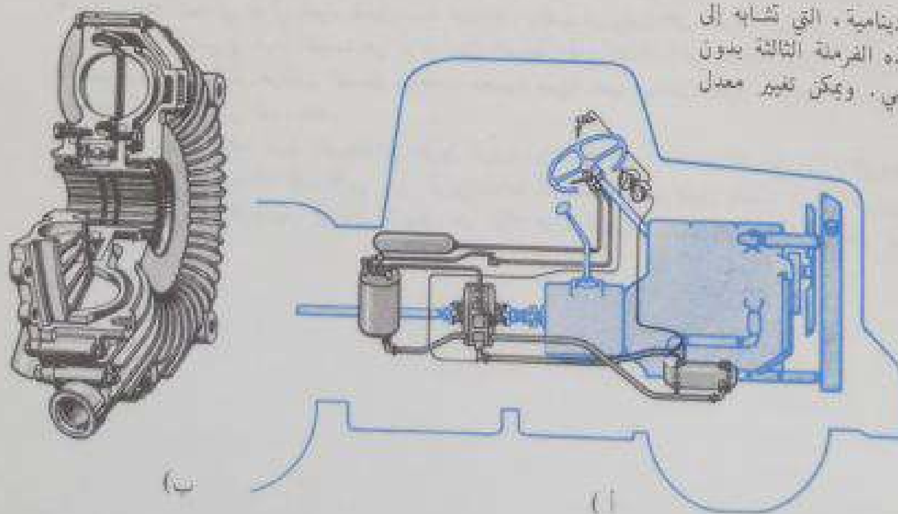
ويؤدي استخدام هذه الفرملة إلى وقاية المحرك والقابض وصندوق التروس وأجهزة الفرامل الأخرى. ويطلق على هذا النوع من الفرامل اسم فرامل تلما. وهي تصلح لاستخدامها أيضا في المقطورات بطريقة مشابهة.

المبطئ (شكل ٢٦٩ - ٢). يتم تركيب المبطئات في نفس الموضع المخصص لفرملة التيار الدوامي. وهي تتشابه في طريقة أدائها مع فرملة الدوامات المائية.

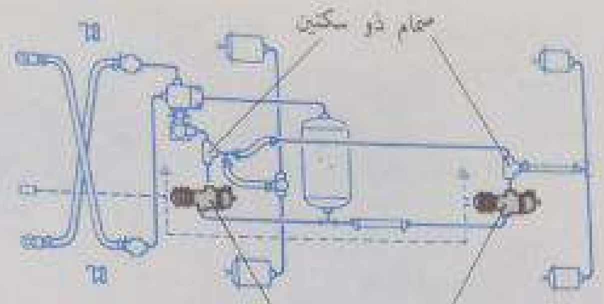
ويتم التحكم في الكبح عن طريق صمام تشغيل وأسطوانة شحن (ملء). يدور العضو الدوار حلقي الشكل، ذو الأجنحة الشعاعية (القطرية) بواسطة العمود المفصلي داخل مبيت ثابت ذي غطاء جانبي مزود أيضا بأجنحة شعاعية (قطرية). ويعمل العضو الدوار المقود على تسارع حركة السائل (زيت معدني غير قابل للتجمد ولا يسبب تآكلا كيميائيا). وعند تدفق السائل إلى العضو الساكن تتباطأ حركته ثانيا. وتُكبح المركبة نتيجة لمقاومة ضخ السائل في الجزء الدوار. ويتم التخلص من الحرارة الناتجة عن الطاقة الحركية بواسطة مبرد الزيت المتصل بدورة تبريد المحرك.

ويعمل المبطئ أيضا مستقلا عن المحرك والقابض وصندوق التروس، ويمكن تركيبه في المقطورة.

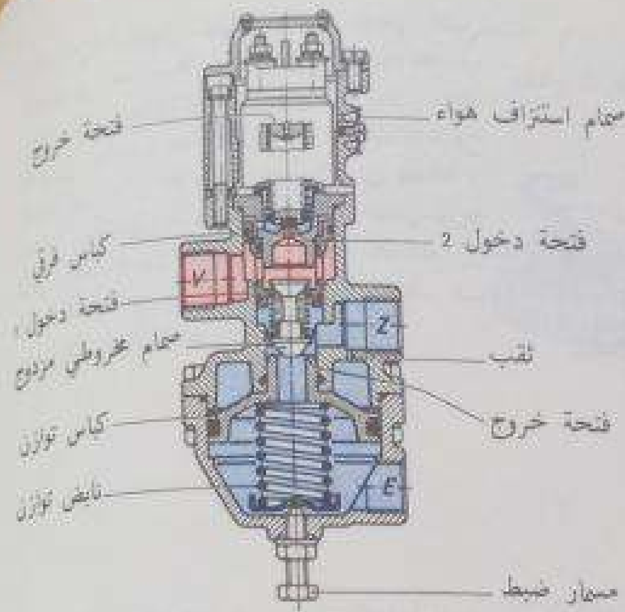
طرازات الفرملة الثالثة في المقطورة: لا يغني وجود فرملة ثالثة - كفرملة التيار الدوامي أو المبطئ - عن استخدام تجهيزة فرامل الاحتكاك أثناء الكبح الجزئي المستمر مع السير. لذلك يجب تزويد هذه التجهيزة ببعض الأجهزة الإضافية (شكل ٢٧٠ - ١). فتكبح



٢٦٩ - ٢ المبطئ، ويسمى أحيانا الفرملة الهيدروديناميكية، التي تشابه إلى حد كبير القابض الهيدرولي. ويتم الكبح في هذه الفرملة الثالثة بدون صدمات، كما هو الحال في فرملة التيار الدوامي. ويمكن تغيير معدل الإبطاء تغييرا انسيابيا سلسا.



٢٧٠ – ١ تجهيزة الفرملة الثالثة في المقطورة.



٢٧٠ – ٢ قطاع في صمام مغنطيسي لفرملة الكبح الجزئي المستمر مع السير. يفتح ممر الدخول 2 نتيجة لإشارة كهربائية. ويتدفق بذلك الهواء المخزون إلى أعلى الكباس الفرقي الذي يغلق في جزئه الأسفل الصمام المخروطي المزدوج. ويرتكز هذا الصمام المخروطي على كباس التوازن (المتأرجح) نتيجة لتحركه إلى أسفل، ويغلق بهذا فتحة الخروج. بعد ذلك يفتح الطريق أمام فتحة الدخول 1 ويتدفق الهواء منها خلال الصمام ذي السكتين إلى أسطوانات الفرامل، فيصل نفس الضغط – عن طريق الثقب – إلى السطح العلوي لكباس التوازن، بحيث تصل التجهيزة إلى وضع الكبح النهائي. ويؤدي إبطال عمل الفرملة الثالثة من غرفة القيادة إلى إغلاق فتحة الدخول 2. وبذلك يصل الجهاز إلى حالة السكون مرة أخرى.

المقطورة بضغط (p_o) يتراوح بين 0,8 bar و 1,0 bar، عند تشغيل فرملة الكبح الجزئي المستمر مع السير بالمركبة القاطرة. أما الشاحنات
ذوات الصهاريج فيتم الكبح فيها بضغط قدره p_o=6 bar. ويتم التحكم غالبا بطريقة كهروهوائية (كهربائية هوائية) بواسطة صمام مغنطيسي
لفرملة الكبح الجزئي المستمر مع السير (شكل ٢٧٠ – ٢). وعند كبح المركبة بضغط أعلى – مع استخدام فرملة الكبح الجزئي المستمر مع
السير – يقوم صمام مغنطيسي ذو سكتين بفتح الطريق أمام الضغط الأكثر ارتفاعا، عن طريق كباس حر في داخله.
وتستخدم في التجهيزات مرتفعة التكاليف، أجهزة إضافية مثل صمام تنظيم الهواء سريع التصريف، ومفتاح الفصل الساكن، وصمام
خفض الضغط ومحدد قوة الكبح.

الملخص:

- تعمل تجهيزات الكبح بالهواء المضغوط، بضغوط مانومترية مقدارها 5 bar أو 7 bar. وهي تظل صالحة للعمل طالما يستطيع الضاغط تعويض
كمية الهواء المفقود من أماكن التسرب، إذ يندر وجود تجهيزة تامة الإحكام.
- يعتبر أداء التجهيزة لوظيفتها في حدود الأمان، إذا لم يزد انخفاض الضغط المانومتري عن 0,1 bar، خلال عشر دقائق، عندما تكون المركبة
متوقفة، عند ضغط يقل بعض الشيء عن ضغط التوصيل للمنظم.
- يجب وقاية التجهيزة من خطر التجمد قبل حلول فصل الشتاء وانخفاض درجة الحرارة دون الصفر.
- يعني وجود الماء في خزان الهواء تقليل سعته الموائية. ويجب أن يكون حجم الخزان المستخدم كافيا، حتى لا يتسبب في انخفاض الضغط المبين
على جهاز القياس في غرفة القيادة عن ثلاثة أمثال الضغط الجوي المعتاد، عند الكبح الكلي مع بقاء الدعسة في الوضع السفلي لها.
- يجب تزويد أوعية أو خزانات الضغط بلوحات معدنية مدونة عليها بيانات الطراز (ترخيص صناعة الطراز). في حالة تجاوز حاصل ضرب
الحجم في الضغط عن العدد 200.
- يمكن التعرف على صحة ضبط الفرملة عن طريق الزاوية بين ذراع كباس أسطوانة الفرملة وذراع الفرملة.
- يمكن تصحيح الزاوية إذا لزم الأمر عن طريق إعادة الضبط. ويجب تكرار إعادة ضبط الفرامل على فترات أقصر، في حالة استخدام
الأسطوانات ذوات الأغشية، إذ يمثل الشوط الحر (اللاحمل) خطرا. ويجب ضبط صمام التنظيم تبعا للتحميل، على حالة التحميل الخاصة
بالمقطورة.

الجزء	الأعمال	الفترات الزمنية والأوقات
الضاغط	شد سير الإدارة ذي مقطع حرف V تنظيف مرشح الدخول فحص مستوى الزيت تغيير الزيت	بعد فترة تشغيل أولي قدرها 30 min ، وكلما اقتضى الأمر بعد ذلك . طبقا لدرجة الاتساخ . يوميا في حالة إعادة ملء الزيت باليد . بعد 10 000 km أو 200 ساعة تشغيل . وعند التشغيل الأولي بعد 3 000 km أو 50 ساعة تشغيل .
مرشح هواء ذو وصلة لنفخ الإطارات	تنظيف وعاء المرشح	طبقا لدرجة الاتساخ ، وبصفة دورية .
مضخة الوقاية ضد التجمد	فحص كمية السائل	يوميا في الأشهر الباردة من السنة .
الخزان	طرد الماء المتكثف	يوميا في فصل الشتاء ، عدا ذلك بعد كل 1 000 km .
مرشح هواء خطوط الأنابيب	تنظيف المرشح	طبقا لدرجة الاتساخ .
رأس التعشيقة الأتوماتية	تزليق الأجزاء المتحركة	بعد كل 2 000 km أو 3 000 km مع استعمال زيت المحركات .

أسئلة :

١ - وضح الفرق بين الفرملة مزدوجة الموصل والفرملة مفردة الموصل .
٢ - ما هي الأجهزة التي تحتوي عليها تجهيزة إمداد الهواء؟
٣ - أذكر وظائف منظم الضغط .
٤ - من أي خزان يتم سحب الهواء عند الكبح في حالة وجود خزانين؟ من الخزان الأول ، أم من الثاني ، أم من كليهما؟
٥ - ما هي الأجهزة الأساسية في دورة الفرامل؟
٦ - ما هي فائدة استخدام صمام التنظيم تبعا للتحميل؟
٧ - كيف يتم الكبح الاضطراري في حالة انفصال المقطورة؟
٨ - ما هي فائدة تصميم منظم الضغط كجهاز موحد؟
٩ - لماذ وكيف تتم وقاية دورة الفرامل من خطر التجمد؟
١٠ - وضح كيف يتم تنظيم قوة الكبح المتوقفة على الحمل أوتوماتيا .
١١ - ما هي وظائف مرشح الهواء ذي وصلة نفخ الإطارات؟
١٢ - ما هي أنواع المركبات التي تحتوي على مؤازر يعمل بالهواء المضغوط؟
١٣ - وضح طريقة تمديد خراطيم الفرامل إلى المقطورة لكي تنفصل في حالة انفصال المقطورة .
١٤ - ما هي الحالات التي يستخدم فيها كل من نوعي صمام الفائض ذي التيار العكسي ، وبدون تيار عكسي؟
١٥ - إشرح تركيب بعض أسطوانات الفرامل .
١٦ - كيف تتم صيانة تجهيزات الفرامل التي تعمل بالهواء المضغوط؟

٧ - التجهيزات الكهربائية بالمركبة الآلية

تجهز كل مركبة آلية بعدد كبير من الأجزاء الكهربائية. ويجب على ميكانيكي المركبات الآلية أن يلم بالخطوط الرئيسية لكيفية عمل هذه التجهيزات، كي يمكنه التعرف، عما إذا كان العطل الحاصل - يعود إلى خلل في المجموعة الكهربائية. وبالاضافة إلى ذلك، يجب عليه أن يكون قادرا على إصلاح الأعطال البسيطة بنفسه.

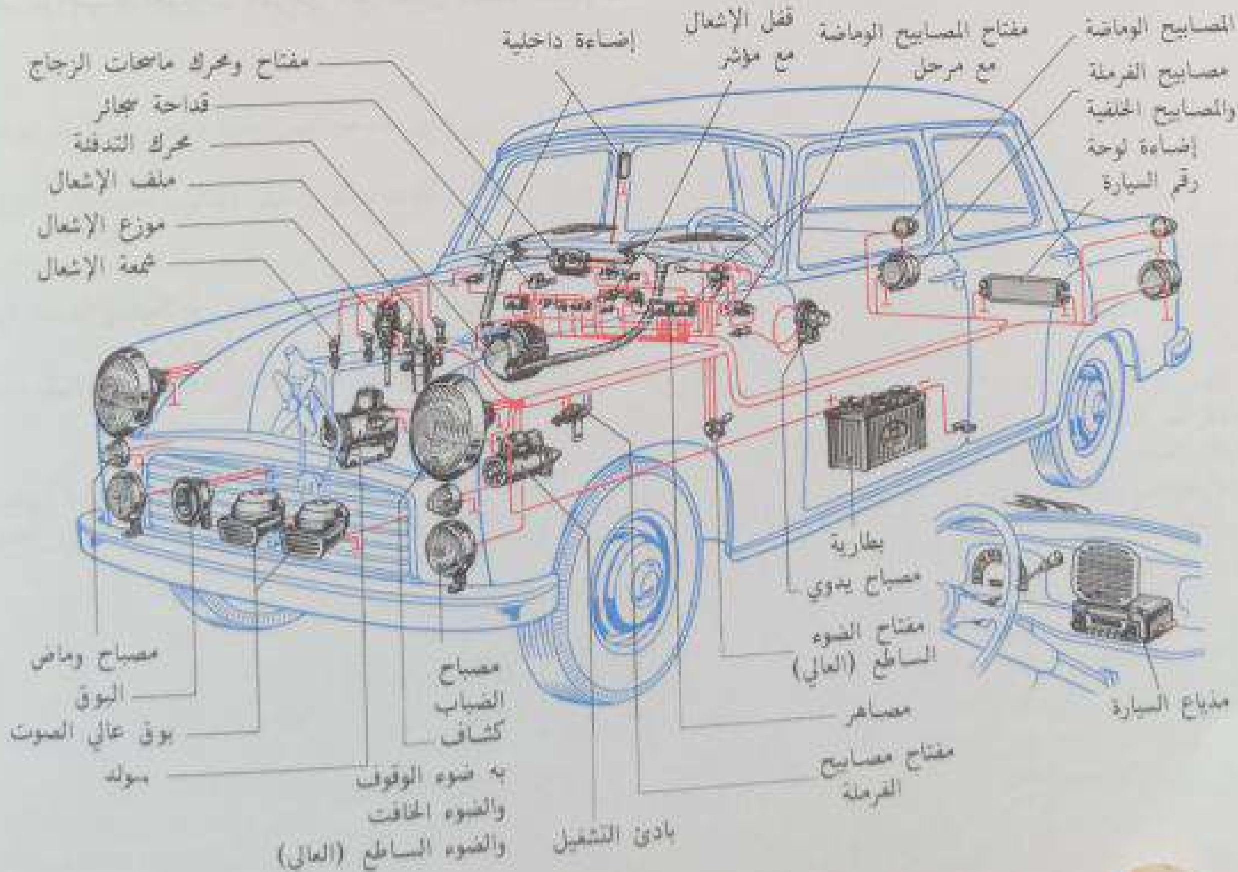
٧ - ١ مبادئ الهندسة الكهربائية

يمكن فهم طريقة عمل أي جهاز كهربائي، إذا ما عرفت طبيعة الكهرباء وقوانينها الأساسية. ويمكن توضيح طبيعة التيار الكهربائي عن طريق دراسة تركيب الذرة (شكل ٢٧٣ - ١).

تتكون كل ذرة من نواة والكترونات تدور حول النواة بسرعات كبيرة، وعلى أبعاد مختلفة من النواة. وتتركب نواة الذرة من بروتونات ذات شحنات كهربائية موجبة، ومن نيوترونات متعادلة كهربائيا. أما شحنة الالكترونات فهي سالبة. وتكون الذرات التي تحتوي على نفس العدد من البروتونات الموجبة، ومن الالكترونات السالبة متعادلة كهربائيا. وعلى هذا فإن الذرات التي تحتوي على زيادة في عدد الالكترونات تكون ذات شحنة كهربائية سالبة، بينما تكون تلك التي تحتوي على نقص في عدد الالكترونات ذات شحنة كهربائية موجبة.

الجهد الكهربائي. تتباين ذرات العناصر المختلفة في عدد إلكتروناتها. وإذا ما اختل اتزان الالكترونات في موصل، فإن هذه الالكترونات تميل إلى إعادة الاتزان. ويرمز لهذا الميل لمعادلة الالكترونات بالجهد الكهربائي. تتسبب مولدات الجهد الكهربائي في

٢٧٢ - ١ الأجهزة الهامة في التجهيزات الكهربائية.



توزيعات مختلفة للإلكترونات بواسطة ما يلي أ) التفاعل الكيميائي، ب) الحث، ج) الحرارة، د) الضوء، هـ) الاحتكاك.
يقاس الجهد بواسطة الفولطمتر بوحدة الفولط (V) (فولتا، فيزيائي إيطالي، عاش من عام ١٧٤٥ إلى عام ١٨٢٧). ويستعمل الحرف (U) كرمز للجهد الكهربائي في الصيغ الرياضية.

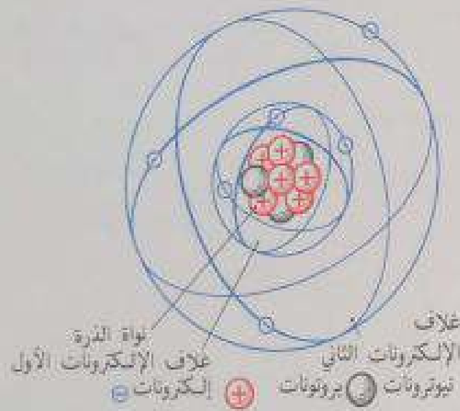
شدة التيار الكهربائي. تعرف حركة الإلكترونات في اتجاه طول السلك – والتي تتم لموازنة توزيع الإلكترونات – بالتيار الكهربائي. أما شدة التيار فهي عدد الإلكترونات التي تسري خلال الموصل في ثانية واحدة.
قياس شدة التيار، ووحدته هي الأمبير (A) (أمبير Ampere، فيزيائي فرنسي، عاش بين عام ١٧٧٥ وعام ١٨٣٦). وتقاس بواسطة الأمبيرمتر، ويرمز لشدة التيار في الصيغ الرياضية بالحرف (I).

المقاومة الكهربائية. عند تحرك الإلكترونات في مادة ما، تلاقي هذه الحركة إعاقة يطلق عليها إسم المقاومة الكهربائية. ويفرق في هذا المجال بين:

- الموصلات أو المواد التي تكون فيها إعاقة حركة الإلكترونات ضئيلة، مثل المعادن. يتصل جهاز استهلاك التيار الكهربائي مع مولد الجهد بواسطة موصلين، موصل الذهاب، وموصل العودة. ويستعمل معدن إطار المركبة كموصل عودة، أي الأرضي.
- أشباه الموصلات وهي ذات موصلية كهربائية ضئيلة نسبيا، مثل الجيرمانيوم.
- اللاموصلات أو العوازل التي تعزل الموصلات كهربائيا عن الوسط المحيط بها، مثل المطاط والخزف واللدائن. ووحدة المقاومة الكهربائية هي الأوم (Ω) (أوم Ohm، فيزيائي ألماني، عاش من عام ١٧٨٩ إلى عام ١٨٥٤). ويستعمل الحرف R كرمز للمقاومة الكهربائية في الصيغ الرياضية.

المقاومة النوعية هي مقاومة جزء من المادة ذي مساحة مقطع قدرها $1\ mm^2$، وطوله 1 m، عند درجة حرارة قدرها 20°C، ويرمز لها بالحرف ρ (رو، حرف يوناني).

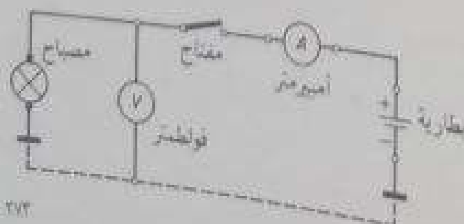
المادة (عند 20°C)	المقاومة النوعية ρ $\frac{\Omega mm^2}{m}$
نحاس	0,0178
ألومنيوم	0,029
نحاس أصفر	0,075
نيكل	0,10
فولاذ RW 13	0,13
نيكلين RW 30	0,3
كونستانتان RW 50	0,5
نيكل كروم RW 100	1



٢٧٣ – ١ تركيب ذرة بإلكترونات في غلافين كرويين متحدي المركز.

٢–١–١ الدائرة الكهربائية المغلقة

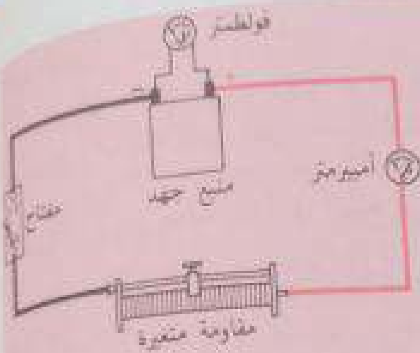
تتكون الدائرة الكهربائية (شكل ٢٧٣ – ٢)، من منبع الجهد وجهاز استهلاك التيار، والموصلات التي تربط منبع الجهد بجهاز الاستهلاك. ويمكن وصل وفصل الدائرة بواسطة مفتاح. وتسمى مواضع التوصيل في منابع الجهد بالأقطاب. ونظرا لوجود نقص في الإلكترونات عند القطب الموجب وزيادة في الإلكترونات عند القطب السالب، فإن الإلكترونات تسري عائدة من القطب السالب إلى القطب الموجب عبر الموصل وجهاز استهلاك التيار، عندما يكون المفتاح في وضع التوصيل. أما داخل منبع الجهد فتسري الإلكترونات من القطب الموجب إلى القطب السالب. وتكون شدة التيار ثابتة في جميع أجزاء الدائرة الكهربائية. ولقياس شدة التيار يمكن وضع الأمبيرمتر في أي موضع اختياري في الدائرة الكهربائية. أما الفولطمتر فيوضع بين موصل الذهاب وموصل العودة، أو بين قطبي منبع الجهد، كالبطارية مثلا.



٢٧٣ – ٢ تكون الدائرة الكهربائية مغلقة، إذا وجد اتصال موصل للكهرباء من منبع التيار إلى جهاز استهلاك التيار، ثم من جهاز استهلاك التيار

التجربة ١ (شكل ٢٧٤ - ١)

مخطط التجربة:



٢٧٤ - ١ العلاقة بين التيار والمقاومة عند ثبات الجهد.

خطوات العمل ١: أضبط الجهد عند 2V و 4V و 8V، وقس شدة التيار (الجدول ١).

الاستنتاج: تزداد شدة التيار في تناسب طردي مع زيادة الجهد، عند ثبات المقاومة.

خطوات العمل ٢: أضبط الجهد عند 2V، وصل المقاومات 10Ω و 20Ω و 40Ω على التتابع، وأغلق الدائرة في كل مرة (الجدول ٢).

الاستنتاج: تتغير شدة التيار بتناسب عكسي مع زيادة المقاومة عند ثبات الجهد.

الجدول ١:

R بوحدة Ω	U بوحدة V	I بوحدة A
10	2	0,2
10	4	0,4
10	8	0,8

الجدول ٢:

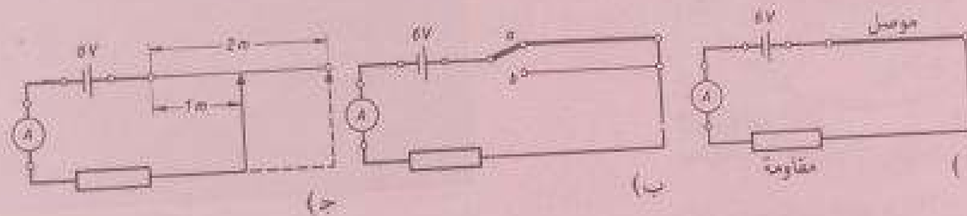
R بوحدة Ω	U بوحدة V	I بوحدة A
10	2	0,2
20	2	0,1
40	2	0,05

قانون أوم: شدة التيار = $\frac{\text{الجهد}}{\text{المقاومة}}$ $I=\frac{U}{R}$ أو $R=\frac{U}{I}$ أو $U=R\cdot I$

٧ - ١ - ٣ العلاقة بين مقاومة الموصل ومادة صنعه ومساحة مقطعه وطوله.

التجربة ٢ (شكل ٢٧٤ - ٢)

مخطط التجربة:



خطوات العمل:

أضبط الجهد عند 2 فولط، قس شدة التيار لموصلات من معادن مختلفة، دون تغيير طول الموصل، أو مساحة مقطعه.

أضبط الجهد عند 2 فولط، قس شدة التيار لمساحات مقاطع مختلفة (A)، دون تغيير معدن الموصل، أو طوله.

أضبط الجهد عند 8 فولط، قس شدة التيار لموصل طوله (l) 1m، وآخر طوله 2m، دون تغيير معدن الموصل، أو مساحة مقطعه.

القيم المقاسة:

المعدن:	I بوحدة A	R بوحدة Ω
نحاس	3,5	0,57
حديد	0,48	4,15
كونستانتان	0,126	15,9

A بوحدة mm^2	I بوحدة A	R بوحدة Ω
0,0314	0,126	15,9
0,0942	0,378	5,3

l بوحدة m	I بوحدة A	R بوحدة Ω
1,0	0,5	15,9
2,0	0,25	31,8

الاستنتاج:

تتوقف المقاومة على نوع معدن الموصل.

تتوقف المقاومة على مساحة مقطع الموصل.

تتوقف المقاومة على طول الموصل.

المقاومة = $\frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول الموصل}}{\text{مساحة مقطع الموصل}}$ $R=\frac{\varrho\cdot l}{A}$

٧ - ١ - ٤ القدرة الكهربائية

تتغير القدرة الكهربائية زيادة أو نقصا بنفس نسبة تغير الجهد، أو شدة التيار بالزيادة أو النقص، وتقاس القدرة بوحدة الواط (W)، ويرمز لها في الصيغ الرياضية بالحرف (P) (جيمس واط James Watt، فيزيائي إنجليزي، عاش من عام ١٧٣٦ إلى عام ١٨١٩). ويمكن حساب مقدار التيار المستهلك من معطيات القدرة لجهاز كهربائي.

القدرة = الجهد × شدة التيار $P=U\cdot I$ ، $I=\frac{P}{U}$ ، $U=\frac{P}{I}$

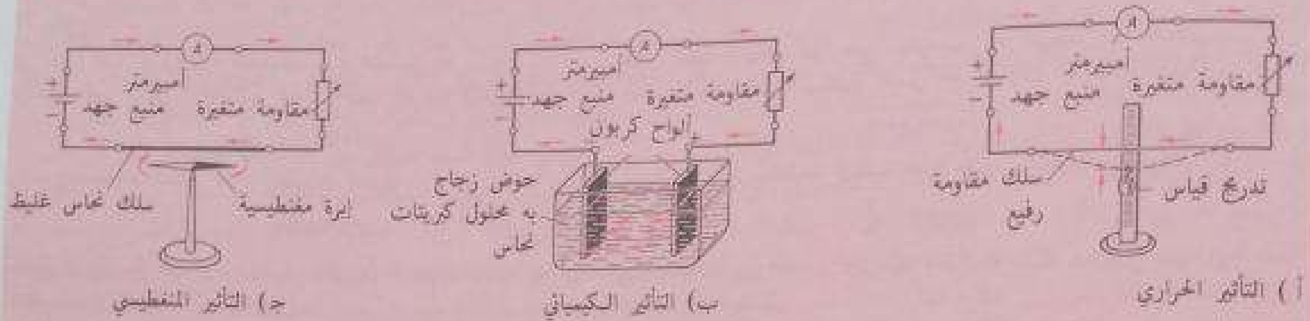
٧ - ١ - ٥ تأثيرات التيار الكهربائي

لا يمكن إدراك تيار الإلكترونات المار في الدائرة الكهربائية المغلقة مباشرة، إلا أنه يمكن ملاحظة وتحديد تأثيراته.

التجربة ٣

التأثير الحراري للتيار الكهربائي.	التأثير الكيميائي للتيار الكهربائي.	التأثير المغنطيسي للتيار الكهربائي.

مخطط التجربة:



أ) التأثير الحراري — ب) التأثير الكيميائي — ج) التأثير المغنطيسي

٢٧٥ - ١ تأثيرات التيار الكهربائي

خطوات العمل:

إرفع شدة التيار ببطء، ثم اخفضها ثانية وراقب السلك.	دع التيار يمر لوقت طويل بشدة قدرها 0.6 A تقريبا، وراقب الإلكترودين الكربونيين.	صل التيار لمدة قصيرة، وراقب الإبرة المغنطيسية.

المشاهدة:

يتوهج السلك عند ارتفاع شدة التيار إلى حد معين، ثم يبرد ثانية عند انخفاض شدة التيار.	يتكون راسب من النحاس عند الإلكترود الكربوني المتصل بالقطب السالب.	تنحرف الإبرة المغنطيسية عند مرور التيار.

الاستنتاج:

يسخن التيار الكهربائي سلك المقاومة.	يحلل التيار الكهربائي المحاليل كيميائيا.	يوجد مجال مغنطيسي لكل موصل يمر به تيار.

ويستخدم التأثير الحراري للتيار الكهربائي في شموع التوهج في محركات ديزل أو في أجهزة التدفئة الكهربائية. فإذا ارتفعت درجة حرارة سلك متوهج حتى حرارة التوهج الأبيض (التألق)، يتحول التأثير الحراري إلى تأثير ضوئي. والضوء هو شكل من أشكال الإشعاعات الكهرومغنطيسية التي تنتشر في الفضاء بسرعة قدرها 300 000 km/s. ويتركب المصباح المتوهج (للإضاءة) من سلك ملفوف لفا مفرداً أو مزدوجا من الولفرام (التنجستن)، يسخن حتى درجة حرارة تتراوح بين 2 500°C و 3 000°C.

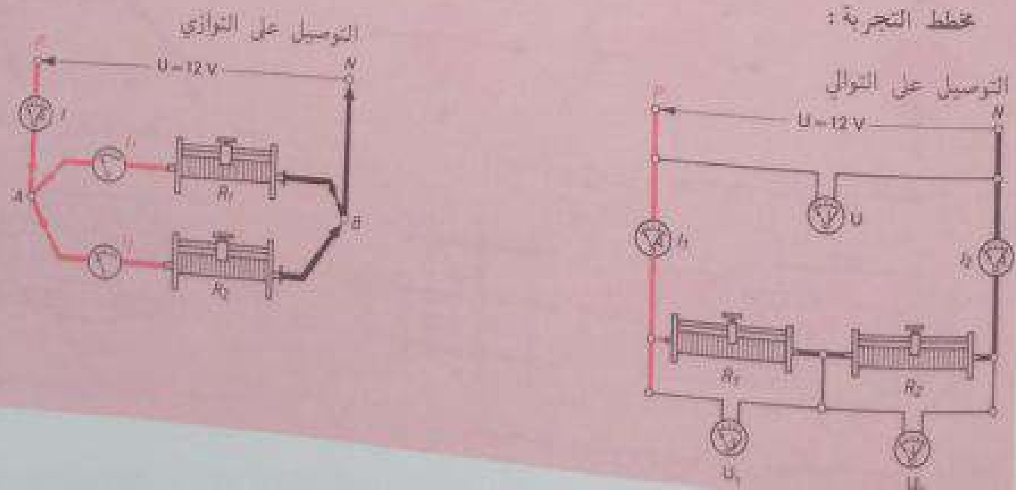
وتتضح التأثيرات الكيميائية للتيار الكهربائي في البطارية، في حين يعتمد بادئ التشغيل والمولد على استخدام التأثير المغنطيسي.

وينشأ خطر على الحياة، إذا تم توصيل نقطتين في منشأة كهربائية عبر جسم الإنسان يكون بينهما فرق في الجهد، إذ غالبا ما يمر التيار الكهربائي في الجسم عبر إحدى اليدين، ولا يسلم القلب أثناء ذلك من سريان التيار الكهربائي فيه، وقد يؤدي العمل الخاطئ في موصلات التيار الكهربائي، إلى حروق شديدة، أو إلى الوفاة بالسكتة القلبية.

٧ - ١ - ٦ أنواع التوصيل

التجربة ٤ (شكل ٢٧٥ - ٢)

مخطط التجربة:



خطوات العمل:

صل المقاومتين على التوالي، وأضبط الجهد على 12V. قس شدة التيار والجهد عند النقط المبينة بالرسم.

صل المقاومتين على التوازي، وأضبط الجهد على 12V. قس شدة التيار والجهد عند النقط المبينة بالرسم.

المشاهدة:

تبلغ كل من شدتي التيار I_1 و I_2 مقدار 1A.
والجهد: $U=12V$، $U_1=6V$، $U_2=6V$.

شدة التيار $I=4A$، $I_1=2A$، $I_2=2A$.
الجهود U و U_1 و U_2، يبلغ كل منها 12V.

الاستنتاج:

يمر نفس التيار I في جميع المقاومات عند التوصيل على التوالي. ويكون الجهد الكلي U مساويا لمجموع الجهود الفرعية (الجزئية).

$$U=U_1+U_2+\cdots U_n$$

وتساوي المقاومة الكلية مجموع المقاومات المفردة.

$$R=R_1+R_2+\cdots R_n$$

وتكون النسبة بين التيارات الفرعية (الجزئية) مساوية للنسبة بين قيم المقاومات التابعة لها.

$$I_1:I_2=R_1:R_2$$

يكون الجهد U واقعا على جميع المقاومات عند التوصيل على التوازي. ويكون التيار الكلي I مساويا لحاصل جمع التيارات الفرعية (الجزئية).

$$I=I_1+I_2+\cdots I_n$$

ويساوي مقلوب المقاومة الكلية مجموع مقلوب المقاومات المفردة.

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\cdots\frac{1}{R_n}$$

وتكون النسبة بين التيارات الفرعية (الجزئية) مساوية لعكس نسبة قيم المقاومات التابعة لها.

$$I_1:I_2=R_2:R_1$$

الملخص:

- الإلكترونات هي حاملات الطاقة الكهربائية، وهي أجزاء من الذرة تدور حول نواة الذرة بسرعة كبيرة.
- يحدد التركيب الذري للمادة خواصها الكهربائية، مثل الموصلية.
- تسمى حركة الإلكترونات الموجهة، في الاتجاه الطولي لسلك مثلا، تيارا كهربائيا. ولا يمكن مرور التيار الكهربائي، إلا في دائرة كهربائية مغلقة.
- تقاوم (تعوق) المواد حركة الإلكترونات. وتعتمد المقاومة الكهربائية على نوع معدن الموصل، وعلى طوله ومساحة مقطعه.
- تعتبر صيغة قانون أوم - التي تربط بين شدة التيار والجهد والمقاومة - قانونا أساسيا في الهندسة الكهربائية وهي: شدة التيار = الجهد ÷ المقاومة
- التأثيرات الرئيسية للتيار الكهربائي، هي التأثير الحراري، والتأثير الكيميائي، والتأثير المغنطيسي.

أسئلة:

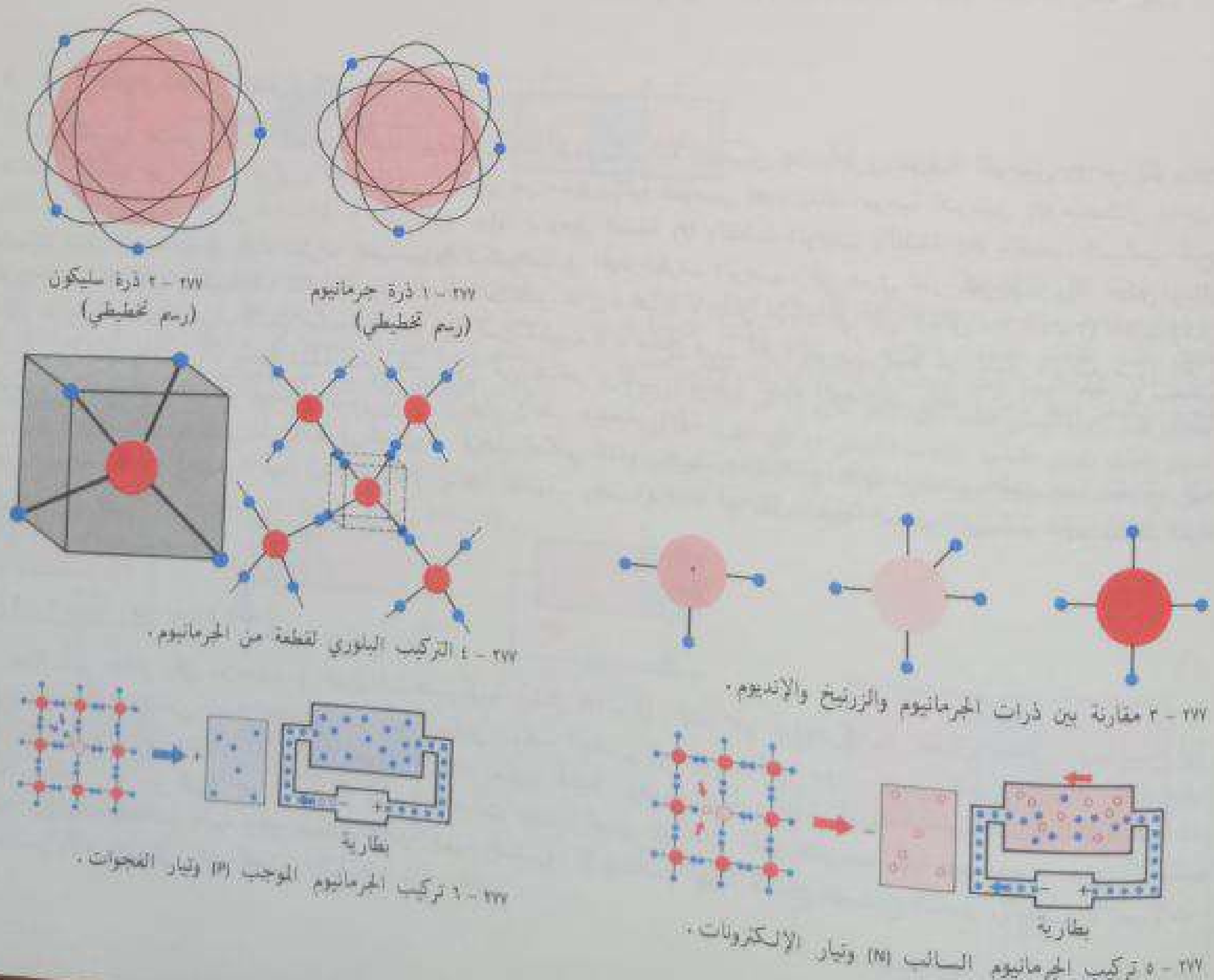
١ - من أي المواد تصنع الموصلات الكهربائية؟
٢ - أذكر بعض العوازل واستخداماتها.
٣ - ما هي وظيفة المفتاح في الدائرة الكهربائية؟
٤ - أذكر بعض أجهزة استهلاك التيار، التي يمكن أن توجد في الدائرة الكهربائية بالمركبة الآلية.
٥ - كيف يمكن أن تتغير شدة التيار إذا صغرت المقاومة مع ثبات الجهد؟
٦ - ما هي أجهزة الاستهلاك الكهربائية في المركبة الآلية، التي يلعب التأثير الحراري للتيار الكهربائي دوراً فيها؟
٧ - كيف تحسب القدرة الكهربائية بواسطة الجهد وشدة التيار؟
٨ - أذكر التأثيرات المختلفة للتيار الكهربائي.

٧ – ٢ الإلكترونيات في المركبة الآلية وعناصر تركيبها (نبائطها)

أن مجال الإلكترونيات لواسع جداً، وفيما يلي توضيح لتركيب ووظيفة الأجزاء الإلكترونية، التي تستخدم فعلا في المركبة الآلية، وفي أجهزة اختبار المركبات الآلية.

٧ – ٢ – ١ أشباه الموصلات

أشباه الموصلات هي مواد تقع بين الموصلات والعوازل، فيما يتعلق بموصليتها الكهربائية. فأصبح مفهوم «أشباه الموصلات» يتخذ كمفهوم عام لعناصر التركيب (النبائط) الإلكترونية، التي يستفاد فيها بالخواص المميزة لهذه المواد شبه الموصلة. ومن أمثلة المواد شبه الموصلة الجرمانيوم والسليكون والسلنيوم. ولكل ذرة من ذرات هذه المواد أربعة إلكترونات في الغلاف الخارجي للإلكترونات (شكل ٢٧٧ – ١ و ٢). ولذا فهي تسمى رباعية التكافؤ. أما مهمة إلكترونات الغلاف الخارجي في بلورات الجرمانيوم أو السليكون، فهي تكوين رباط مع نظيراتها من الذرة المجاورة، وتتماسك بذلك ذرات البلورة سويا. وتعتبر هذه المواد عوازل من الناحية العملية، لأنه لا يمكن أن تمر بها أية إلكترونات (شكل ٢٧٧ – ٢). لذلك يزود كل من الجرمانيوم والسليكون ببعض الشوائب، بإضافة الإنديوم ثلاثي التكافؤ، أو الزرنيخ خماسي التكافؤ، عند درجات حرارة مرتفعة (شكل ٢٧٧ – ٤). وبإضافة ذرات خماسية التكافؤ إلى بلورات الجرمانيوم أو السليكون، تصبح بعض الإلكترونات فيها حرة وتتجه إلى القطب الموجب لمنبع الجهد، عند التأثير على البلورات بجهد كهربائي. وتنشأ بذلك مادة سالبة التوصيل (N) (شكل ٢٧٧ – ٥). وينتج تأثير مغاير، إذا أضيف الإنديوم – الذي يحتوي على ثلاثة إلكترونات فقط في الغلاف الخارجي – إلى الجرمانيوم أو السليكون. وفي هذه الحالة تجد ذرة الجرمانيوم ثلاثة إلكترونات فقط (بدلا من أربعة) ملائمة للارتباط. ويفتقد الإلكترون الرابع من ذرة الجرمانيوم المجاورة إلكترونا مناظرا، وتنشأ بالتالي فجوة في الشبكة البلورية عند هذا الموضع (شكل ٢٧٧ – ٦). ويؤدي النقص في الإلكترونات إلى تولد شحنة موجبة، ويكون «الفجوة» في البلورة – أي عند موضع الإلكترون المفتقد – شحنة موجبة. ويحاول إلكترون ذرة مجاورة ملء هذه الفجوة تحت تأثير جهد خارجي. وتنقص بالتالي تلك الذرة إلكترونا، وتتكون فجوة ثانية موجبة، تُملأ بواسطة إلكترون سالب من ذرة مجاورة، وهكذا. أي أنه يحصل انتقال الإلكترونات، وبذلك يسري تيار كهربائي. وتسلك الفجوات سلوك الجزيئات الموجبة، إذ تنجذب (تسحب) من القطب السالب لمنبع الجهد. وتتكون مادة موجبة التوصيل (P)، ويسري تيار الإلكترونات وتيار الفجوات في اتجاهات متعاكسة.



٢٧٧ – ١ ذرة جرمانيوم (رسم تخطيطي)

٢٧٧ – ٢ ذرة سليكون (رسم تخطيطي)

٢٧٧ – ٣ مقارنة بين ذرات الجرمانيوم والزرنيخ والإنديوم.

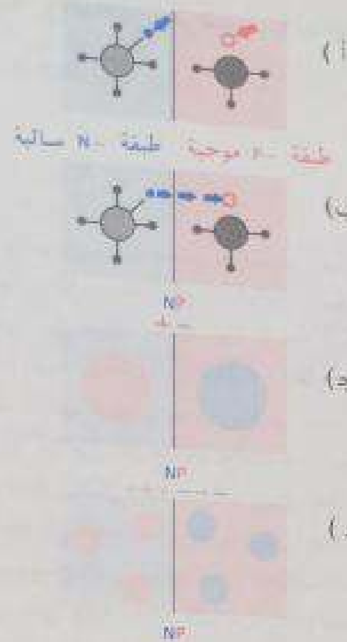
٢٧٧ – ٤ التركيب البلوري لقطعة من الجرمانيوم.

٢٧٧ – ٥ تركيب الجرمانيوم السالب (N) وتيار الإلكترونات.

٢٧٧ – ٦ تركيب الجرمانيوم الموجب (P) وتيار الفجوات.



٢٧٨ - ١ الدايود ورمز التوصيل وبيان اتجاه التيار.



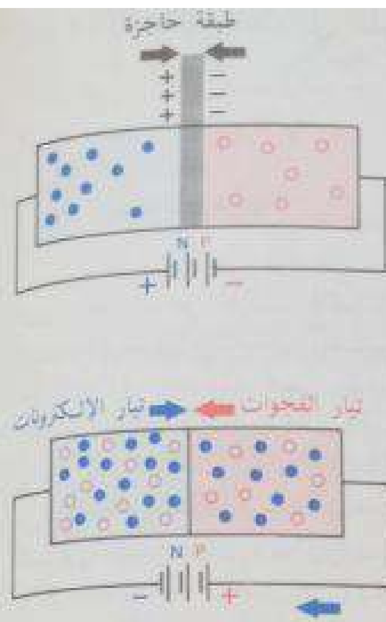
٢٧٨ - ٢ تمثيل تخطيطي لما يحدث عبر منطقة الانتقال N-P.

أ) عند وضع مادة (P) ومادة (N) متلاصقتين، يهرب إلكترون من طبقة (N) وينتقل إلى فجوة في الإنديوم في طبقة (P).

ب) وعلى ذلك فإن طبقة (N) تعطي الإلكترونات الزائدة وتأخذها طبقة (P)، ولكن لا يحدث انتقال للفجوات.

ج) تصبح منطقة التلامس بين طبقة (N) وطبقة (P) منطقة عازلة أو حاجزة، لأن الإلكترونات الحرة المتبقية في طبقة (N) لا تجد مزيدا من الفجوات الحرة.

د) كلما زاد عرض المنطقة الحاجزة، زاد تأثير الحجز.



٢٧٨ - ٣ طريقة تأثير الطبقة الحاجزة لشبه الموصل. عند توصيل طبقة (P) للدايود بالقطب السالب وطبقة (N) بالقطب الموجب لمنبع الجهد، يحدث تكبير في الطبقة الحاجزة، نظرا لوجود نقص في الإلكترونات عند القطب الموجب للبطارية، في حين توجد زيادة في الإلكترونات عند القطب السالب. وتنتقل الإلكترونات الحرة من طبقة (N) نحو الطرف الموجب، وتتجه الفجوات من طبقة (P) نحو الطرف السالب. وإذا عكس الطرفان، يحدث انتقال نشط للإلكترونات إلى الطرف الموجب، وتنتقل الفجوات إلى الطرف السالب، وحينئذ يسري تيار كهربائي.

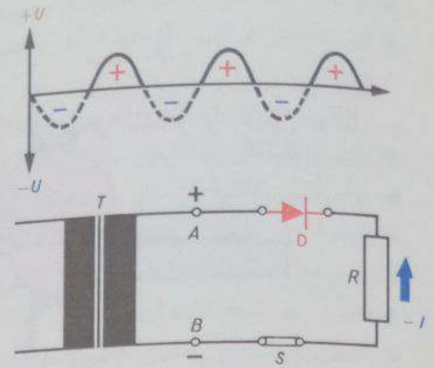
٧ - ٢ - ٢ الدايود (الصمام الثنائي) كمقوم

تستخدم في عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات دائما طبقات سالبة التوصيل (N) وأخرى موجبة التوصيل (P) في تكوينات مختلفة. ويطلق على عنصر التركيب (النبيطة) - المكون من مادة سالبة التوصيل (N)، ومادة موجبة التوصيل (P) متصلتان داخليا بتلامس كهربائي وثيق (شكل ٢٧٨ - ١) - إسم دايود. وإذا تم وصل الطبقة (P) بالقطب الموجب والطبقة (N) بالقطب السالب لمنبع الجهد، تنتقل الفجوات في اتجاه الطرف السالب والإلكترونات في اتجاه الطرف الموجب، أي يسري تيار كهربائي. وإذا عكس وصل طرفي عنصر التركيب (النبيطة)، تتكون طبقة حاجزة ذات تأثير عازل، بحيث لا يمكن سريان أي تيار (شكل ٢٧٨ - ٢، ٣). فإذا وُصل دايود ما في دائرة تيار متردد (أنظر صفحة ٢٨٧)، فإنه يعمل كمقوم، لأنه يسمح بمرور الجزء الموجب فقط من التيار، ويمنع مرور الجزء السالب (شكل ٢٧٩ - ١). ونظرا لشدة صغر هذا النوع من عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات وقلة وزنه، فإنه يناسب بوجه خاص، الاستخدام كمقومات لمولدات التيار ثلاثي الأطوار (أنظر صفحة ٢٩٠).

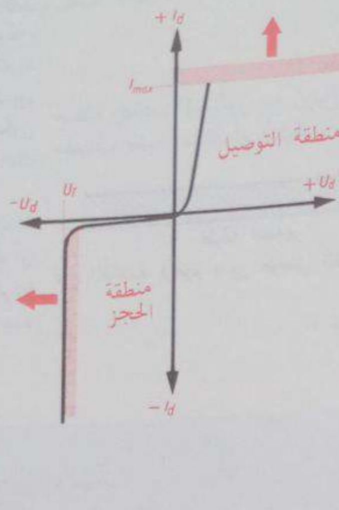
عند الجهود المنخفضة يمر تيار غاية في الصغر في الاتجاه العكسي للدايود بحيث يمكن إهماله. فإذا ما تعدى الجهد قيمة معينة، فإنه يخترق منطقة الحجز (جهد الانهيار U_B). وبالتالي يتلف الدايود. ويجب مراعاة أن تظل القيمة العظمى السالبة لجهد المتردد المراد تقويمه، أقل من جهد الانهيار U_B للدايود (شكل ٢٧٩ - ٢).

٧ - ٢ - ٣ دايود زينر Zener Diode

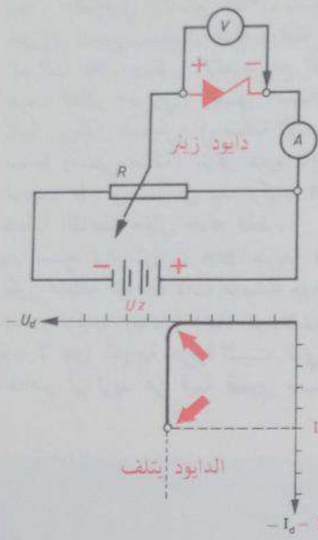
هناك تأثير خاص يمكن ملاحظته في الدايودات السليكونية (شكل ٢٧٩ - ٣). فإذا صمم الدايود كدايود اتصال سطحي، فإنه يسمح أولا بمرور تيار عكسي متناهي الصغر عند زيادة الجهد العكسي. وعند الوصول إلى جهد عكسي مميز - يسمى بجهد زينر U_Z (أطلق عليه إسم مكتشف هذه الظاهرة) - فإن التيار العكسي يزداد بصورة فجائية. وتصبح قيمة مقاومة الطبقة الحاجزة صغيرة للغاية عند هذا الجهد. وتظهر تغيرات كبيرة جدا في التيار نتيجة لتغيرات شديدة الصغر في مجال الجهد القريب من جهد زينر، دون أن يتلف الدايود. ولذلك يستخدم دايود زينر لتحقيق اتزان الجهود المستمرة، كما يستخدم أيضا كمفتاح لمصابيح التحكم ولأجهزة الاتصالات. ويستخدم بالإضافة إلى ذلك كمصير وقاية ضد زيادة الجهد.



٢٧٩ – ١ الدايود كمقوم : يسمح الدايود للموجات الموجبة من التيار المتردد فقط بالمرور ، ويمنع الموجات السالبة . أي أنه يمكن للتيار المرور في اتجاه واحد فقط . وبذلك ينتج من التيار المتردد تيار مستمر .



٢٧٩ – ٢ المنحنى الخصائصي لدايود شبه موصل .



٢٧٩ – ٣ طريقة عمل دايود زينر

٧ – ٢ – ٤ الترانزستور

الترانزستور هو واحد من أهم عناصر التركيب (النبائط) المصنوعة من أشباه الموصلات . وهو يستخدم بصورة رئيسية كعنصر تضخيم في الدوائر المختلفة .

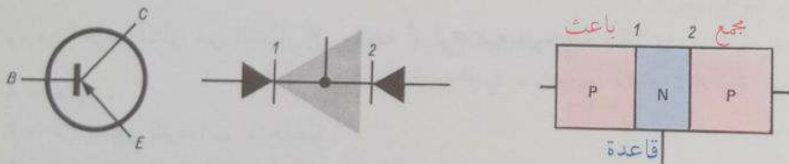
ويتركب الترانزستور كما هو مبين (شكل ٢٧٩ – ٤) من ثلاثة مناطق شبه موصلة تقع فوق بعضها البعض ، وغالبا ما تكون بالترتيب P ثم N ثم P . وتسمى المناطق المختلفة كالآتي :

E = الباعث (E) = طبقة (P) (باعث للفجوات)

B = القاعدة (B) = طبقة (N)

C = المجمع (C) = طبقة (P) (مجمع للفجوات) .

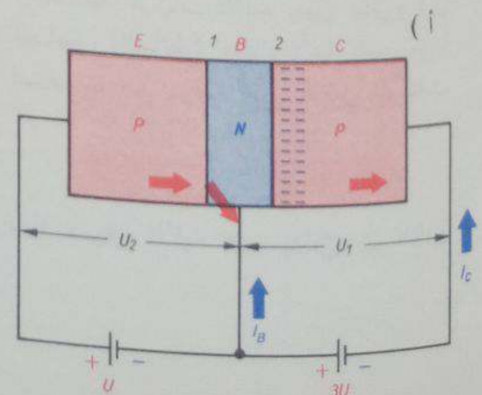
الترانزستور هو إذاً عنصر تركيب (نبيطة) ذو منطقتي انتقال PN ، تعمل إحداهما في اتجاه الحجز والأخرى في اتجاه التوصيل . ويبين شكل ٢٥٩ – ٥ كيفية حدوث تأثير تيار عكسي في منطقة الانتقال PN وعند طبقة الحجز 2 .

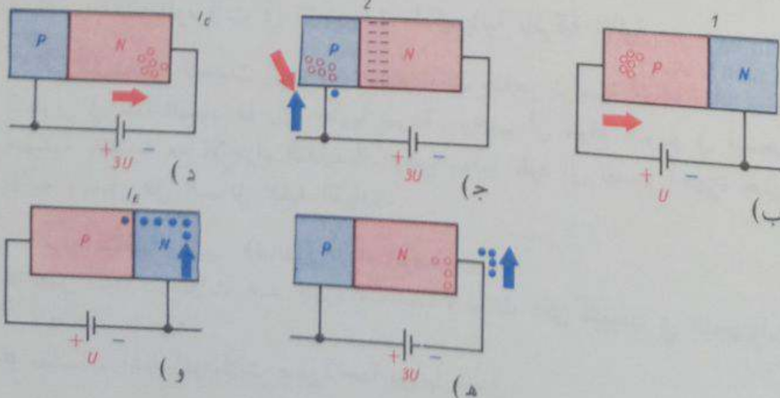


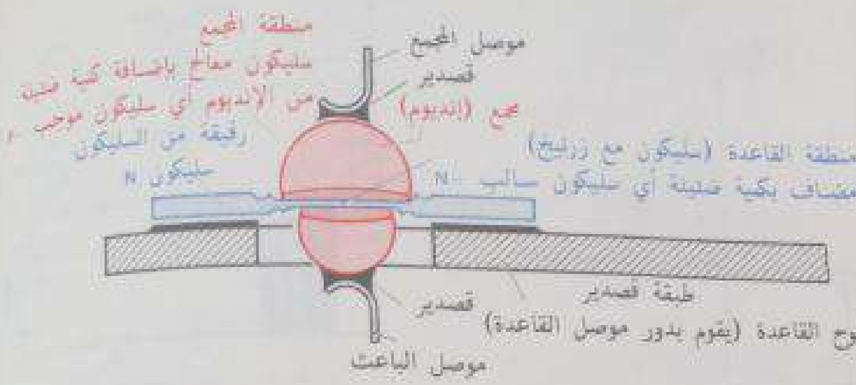
٢٧٩ – ٤ تركيب ورمز توصيل الترانزستور

٢٧٩ – ٥ طريقة عمل الترانزستور .

إذا وُصل جهد قدره U_1 عبر منطقة الانتقال اليمنى PN ، أي بين B و C – بحيث يتصل القطب الموجب بالموصل C – فإن الطبقة الحاجزة 2 تستقطب في اتجاه الحجز (منع التوصيل) (شكل أ) ، ويمر التيار العكسي الضئيل فقط . وإذا وصل بعدئذ جهد آخر قدره U_2 عبر الطبقة الحاجزة اليسرى بحيث يتصل القطب الموجب بالموصل E ، فإن الطبقة الحاجزة 1 تعمل في اتجاه التوصيل ، ويمر تيار فجوات في طبقة (P) اليسرى في اتجاه 1 (شكل ب) . وتتسارع الفجوات نتيجة لفرق الجهد بين E و B ، بحيث لا يجري تفريغها عند B ، كما هو متوقع ، بل إن جزءا كبيرا منها يتوغل توغلا عميقا في طبقة (N) الرقيقة . فإذا ما تمكنت هذه الفجوات من الوصول إلى الطبقة الحاجزة اليمنى 2 ، فإنها تقع تحت تأثير المجال الكهربائي وتنجذب (تسحب) إلى C (شكلا ج و د) ، عبر طبقة (P) اليمنى . ويتلاشى جزء صغير من الفجوات مع الإلكترونات التي تأتي من منبع الجهد عبر الموصل B (شكل ج) . وتكون قيمة التيار I_C أصغر قليلا من التيار I_E دائما ، حيث لا تتمكن جميع الفجوات من الوصول إلى طبقة (P) اليمنى (الشكلان هـ و و) .







٢٨٠ - ١ قطاع في ترانزستور (PNP). يصنع الترانزستور من خرزتي إنديوم وبينهما طبقة رقيقة من السليكون السالب (N). ويكون الإنديوم مع السليكون سبيكة، نتيجة للتأثير الحراري، ويتبلور السليكون عند التبريد ثانية. ويكون السليكون في منطقة الاتصال مع الإنديوم معالجا (مغطى بطبقة) بتركيز شديد بالإنديوم (سليكون موجب P). وينشأ عن هذا تركيب PNP. ويبلغ سمك منطقة القاعدة حوالي 10 μm فقط.
يتم تصنيع ترانزستورات NPN بطريقة مشابهة، عندئذ تكون منطقة القاعدة ذات موصلية موجبة. وحيث أن عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات حساسة للحرارة فإنه لا يجوز لدرجة حرارة المثبت الذي توجد فيه هذه العناصر أن تزيد عن قيمة قصوى معينة.

وكلما زاد تيار الفجوات I_E بالطبقة الحاجزة ١، زاد التيار I_C. أي أنه يمكن التحكم في التيار I_C بواسطة تيار الفجوات I_E.
ولا يجوز تركيب الترانزستور في دوائر مجاورة للأجزاء المولدة للحرارة، كما لا يجوز تعريضها لحرارة المشعة من المحركات، إذ لا يجوز لدرجة حرارة الطبقة الحاجزة أن تتجاوز قيما معينة، كما وأن الترانزستورات مثلها مثل الدايودات تتلف بالتحميل الحراري الزائد.
ويختلف الترانزستور (NPN) عن الترانزستور (PNP) في القطبية المعكوسة لجهود والتيارات في أسلاك التغذية. وفي الترانزستور (NPN) تنتقل الإلكترونات من الباعث إلى طبقة القاعدة، وتخترق هذه الطبقة وتتجمع عند المجمع.

٧ - ٢ - ٥ توصيف أشباه الموصلات

في أول الأمر، كان لكل منتج طريقة خاصة للرموز المختصرة المبيّنة لنوع وخواص عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات. أما الآن فقد اتفق على رموز اصطلاحية لأشباه الموصلات المستخدمة في الصناعة، ويتألف كل رمز منها من ثلاثة حروف ورقمين. فيدل الحرف الأول من اليسار على مادة شبه الموصل:

A = جيرمانيوم، B = سليكون

ويرمز الحرف الثاني من اليسار إلى وظيفة أو نوع شبه الموصل:

A = دايود،
C = ترانزستور للترددات المنخفضة،
D = ترانزستور قدرة (تحميل) للترددات المنخفضة،
F = ترانستور للترددات العالية،
S = ترانزستور وصل وفصل،
Y = مقوم،
Z = دايود زينر.

ويدل الحرف الثالث من اليسار على نوع الاستخدام.
أما الأرقام فهي الأرقام المتسلسلة للمنتج. فعنصر التركيب (نبيطة) BZ 7 مثلا، هو دايود زينر مصنوع من السليكون.

٧ - ٢ - ٦ أشباه الموصلات في التجهيزات الكهربائية بالمركبة الآلية

من المستحيل التحدث اليوم عن استخدامات عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات في هندسة المركبات الآلية بقول نهائي، لأن التطوير في هذا الصدد ما زال جاريا بسرعة. ويجب أن نتوقع التوسع في استخدام هذه العناصر (النبائط) دائما، لأنها تقدم مزايا حقيقية بالمقارنة مع الأجزاء التقليدية. وهي سوف تقود إلى تصميم أجهزة جديدة يزيد استخدامها من درجة أمان تشغيل المركبات الآلية ويسهل على السائق عملية القيادة.

مزايا عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات:

- تعمل أشباه الموصلات عند جهود منخفضة، لذلك يمكن تشغيلها في التجهيزات الكهربائية للمركبة الآلية بجهد يتراوح بين 6 V و 24 V دون صعوبة.
- مقاسات أشباه الموصلات صغيرة جداً ووزنها ضئيل.

- ليست أشباه الموصلات حساسة للصدمات والاهتزازات إلى حد بعيد.
- عمر عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات أطول بكثير من عمر الأجزاء الكهروميكانيكية، فهي لا تبلى وتعمل دون الحاجة إلى صيانة.

مجالات استخدام أشباه الموصلات:

- أجهزة الإشعال (الإشعال بالترانزستور)،
- مولد التيار ثلاثي الأطوار (تستعمل فيه دايودات كمقومات)،
- مولد التيار المستمر (منظم بالترانزستور)،
- الترمومتر الكهربائي المسجل للحرارة عن بعد باستخدام أشباه الموصلات،
- تشغيل مصابيح الإشارة
- التنظيم الإلكتروني لمدى (طول نفاذ) الإضاءة،
- التحكم الإلكتروني في صندوق تروس تغيير السرعات،
- حقن البنزين بالاستعانة بأجهزة تحكم إلكترونية.

الملخص:

- تتكون عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات من مواد يمكن أن تتأثر مقاومتها الكهربائية إلى حد بعيد بإضافة مواد أخرى إليها.
- تنتج الدايودات التي توصل التيار في اتجاه واحد فقط بلحام مواد موجبة الموصلية مع مواد سالبة الموصلية. وتسمى عناصر التركيب (النبائط) ذات ثلاث طبقات متتالية - تتعاقب فيها طبقة سالبة (N) بعد طبقة موجبة (P) - ترانزستورات.
- تستخدم أشباه الموصلات في المركبات الآلية كمقومات للتيارات المترددة، وكمفاتيح لأجهزة الاتصال وأجهزة البيان، كما تستخدم كعناصر تحكم ومضخمات (مكبرات).

أسئلة:

١ - ما هو الهدف من إضافة الشوائب إلى السليكون النقي؟
٢ - صف طريقة عمل الطبقة المانعة لشبه الموصل.
٣ - لماذا يمكن استخدام الدايودات كمقومات؟
٤ - ما هي الوظائف التي يمكن أن يقوم بها الترانزستور؟
٥ - ما هي أهمية درجة حرارة الوسط المحيط لعمل الترانزستور؟
٦ - ماذا تعني الحروف والأرقام المكتوبة على عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات؟
٧ - أذكر بعض الأمثلة لاستخدامات عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات في هندسة المركبات الآلية.

٧ - ٣ البطارية (المركم)

٧ - ٣ - ١ وظائف البطارية

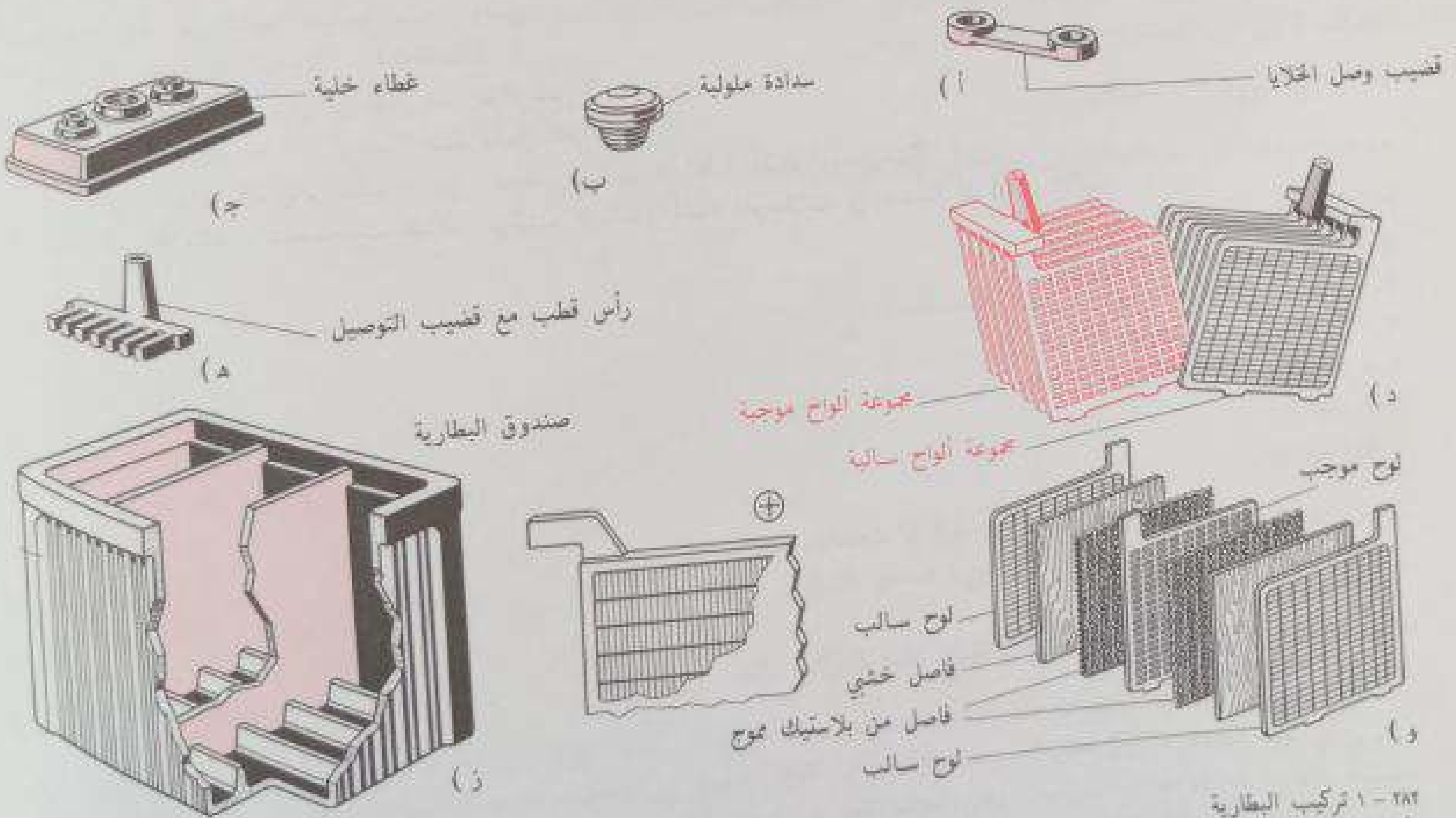
تقوم البطارية بتأدية الوظائف التالية في المركبة:

- تزويد المركبة بتيار بدء التشغيل العالي اللازم لبدء إدارة المحرك.
- تغطية احتياجات التيار لمختلف أجهزة الاستهلاك (المصابيح، وماسحات الزجاج ...الخ)، أثناء وقوف المحرك أو أثناء دورانه ببطء.
- شحن البطارية عند دوران المحرك بواسطة المولد وتقوم بتخزين طاقة يمكن سحبها عند الحاجة.

٧ - ٣ - ٢ تركيب البطارية

الخلية الرصاصية، هي العنصر الأساسي في بطارية المركبة الآلية، وهي خلية غلفانية. وتتركب الخلية الرصاصية من عدد غير محدود من ألواح موجبة وأخرى سالبة مصنوعة من الرصاص ومركباته. ويستعاض عن الألواح المصمتة بألواح شبكية ذات شبكة من سبائك رصاصية صلدة عالية الجودة، تحشى بها الكتلة الفعالة. وتختلف الألواح الموجبة (+) عن الألواح السالبة (-) في شكل الشبكة وفي نوع الكتلة الفعالة. وتحتوي الألواح الموجبة على ثاني أكسيد الرصاص (PbO_2)، بينما تحتوي الألواح السالبة على الرصاص (Pb). وتثبت كل مجموعة منها بواسطة قضيب توصيل.

تُفصل مجموعتا الألواح عن بعضها بواسطة فواصل (حوائط فاصلة) مصنوعة من مادة لا تتأثر بالأحماض، لتجنب التلامس بين الألواح. ويتم هذا الفصل على مسافات معينة، ثم توضع الألواح بفواصلها في داخل غلاف الخلية، الذي يملأ بحامض البطارية المكون



٢٨٢ - ١ تركيب البطارية

أ) توصل رؤوس أقطاب طاقمي الألواح الموجبة والسالبة سويا، بواسطة قضبان وصل الخلايا. وتتصل الخلايا على التوالي.

ب) تحكم سدادة الغلق الملولبة فتحة ملء الحامض الموجودة بغطاء الخلية، وتستخدم في نفس الوقت للتهوية.

جـ) تغلق كل خلية بواسطة غطاء الخلية.

د) تتداخل الألواح الموجبة والسالبة في بعضها عند تجميع الخلية.

هـ) يقوم كل من رأس القطب وقضيب التوصيل بإمساك الألواح سويا، بينما تستوعب رأس القطب البارز قضيب وصل الخلايا.

و) تركب فواصل خاصة لمنع الألواح من التلامس مع بعضها، أي لمنع حدوث دائرة قصر.

ز) يقسم صندوق البطارية إلى خلايا مفردة ويزود قاعه بعوارض حتى لا تتسبب رواسب الرصاص في حدوث دائرة قصر.

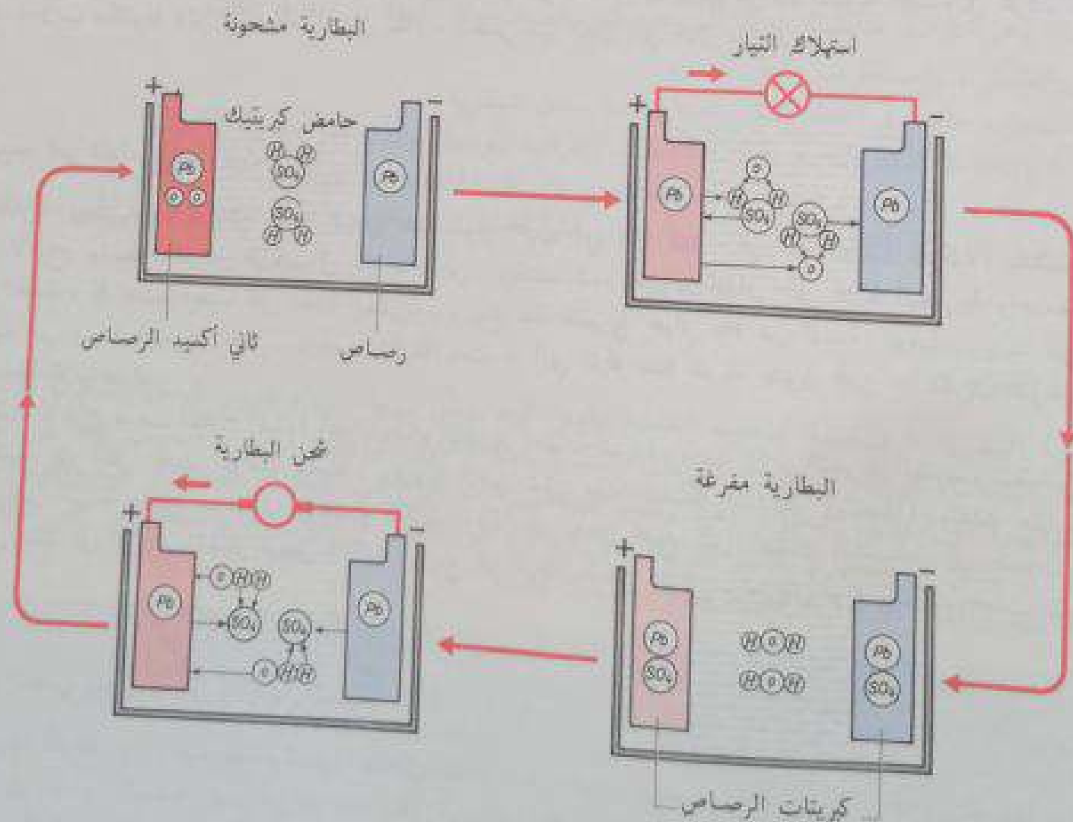
من حامض الكبريتيك (H_2SO_4) بتركيز قدره 37,5% مضاف إليه ماء مقطر (H_2O). ويغطى الغلاف بواسطة غطاء الخلية ويحكم سده بعجينة صب مانعة للتسرب. تستخدم فتحة الملء للتعبئة بالحامض، ويحكم غلقها بواسطة سدادة غلق ملولبة. ويبلغ الجهد المتوسط للخلية الرصاصية الواحدة نحو 2 فولط. وتحتاج بطارية مركبة ذات جهد قدره 12 فولط إلى ست خلايا توصل معا على التوالي.

٧ ـ ٢ ـ ٣ سعة بطارية المركبة الآلية

تحدد كل من كمية ومساحة سطح الكتلة الفعالة في البطارية، مدى مقدرتها على تخزين الطاقة الكهربائية، أي سعتها. ويعبر عن السعة بالأمبير ساعة (Ah)؛ A·h=Ah. أي أن بطارية ذات 84 Ah تعطي نظريا، تيارا قدره 1A لمدة 84 ساعة أو تيارا قدره 21 A لمدة 4 ساعات. وتختار سعة البطارية حسب قيمة التيار اللازم لبدء التشغيل. وهنا يجب مراعاة أن البطارية يجب أن تعمل في الشتاء أيضا دون أية صعوبات. فإن القدرة المأخوذة من بطارية ذات 84 Ah ـ والتي تعادل 100% عند 27°C ـ تهبط إلى 42% مثلا، عند درجة حرارة 20°C-. ويضاف إلى ذلك، أنه عند الحاجة إلى تيار قدره 268 A لمدة 5 دقائق مثلا لبدء التشغيل، يمكن أخذ 27% فقط من السعة الإسمية. وبالتالي تبلغ كفاية البطارية فقط: 0,27·0,42=0,113≈11%. ومن ثم فإن بطارية مشحونة شحنا تاما تفرغ في الشتاء في وقت قصير عند تكرار استعمالها لبدء التشغيل.

٧ ـ ٢ ـ ٤ التفاعلات الكيميائية في البطارية الرصاصية

يستخدم حامض الكبريتيك المخفف بالماء المقطر (H_2SO_4) في البطارية الرصاصية، كإلكتروليت (محلول كهربائي). وتبلغ كثافته في البطارية المشحونة شحنا تاما 1,285 kg/l، عند درجة حرارة 20°C. وتتكون الكتلة الفعالة للألواح الموجبة في الخلية من ثاني أكسيد الرصاص (PbO_2)، والكتلة الفعالة للألواح السالبة من الرصاص المسامي (رصاص إسفنجي Pb). ويسري تيار كهربائي أثناء التفريغ من الطرف الموجب للبطارية عبر جهاز الاستهلاك إلى الطرف السالب. أما داخل البطارية فيسري التيار من الألواح السالبة عبر الإلكتروليت إلى الألواح الموجبة (الاتجاه الهندسي للتيار). وأثناء ذلك تتحلل جزيئات حامض الكبريتيك. حيث تنتقل أيونات الهيدروجين (H) إلى اللوح الموجب وتتحد مع الأكسجين (O_2) الموجود في ثاني أكسيد الرصاص لتكوين ماء (H_2O). ويتحد الشق



٢٨٣ ـ ١ التفاعلات الكيميائية في البطارية.
عملية الشحن: يدخل التيار عند اللوح الموجب. ويتحلل السائل إلى هيدروجين وأكسجين: تنتقل أيونات الأكسجين (O) إلى اللوح الموجب. وتنفصل أيونات الكبريتات (SO_4) عن الألواح الموجبة والسالبة وتتحد مع أيونات الهيدروجين (H)، وتزداد كثافة الحامض.

عملية التفريغ: يسحب التيار عند اللوح الموجب. ويتحلل السائل: تنتقل أيونات الكبريتات (SO_4) إلى ألواح الرصاص. وتتحد أيونات الهيدروجين المتبقية (H) مع أيونات الأكسجين (O) المنفصلة عن اللوح الموجب مكونة ماء، وتنخفض كثافة الحامض.

الحامضي (أيونات SO_4) مع الرصاص الموجود في مجموعتي الألواح لتكوين كبريتات الرصاص ($PbSO_4$). وعند انتهاء عملية التفريغ، تتكون الألواح من كبريتات الرصاص، ولا يكون بينها أي فرق في الجهد. وتهبط كثافة الحامض في الإلكتروليت إلى حوالي 1,14 kg/l.

وعند شحن البطارية تحدث العمليات المذكورة آنفا بترتيب عكسي. فيسري تيار مستمر من مولد التيار إلى القطب الموجب للبطارية مارا بالإلكتروليت إلى القطب السالب، ومنه إلى المولد ثانية. في تلك الأثناء يعود الشق الحامضي (أيونات SO_4) من مجموعتي الألواح إلى الإلكتروليت، ويتحد مع أيونات الهيدروجين لتكوين حامض الكبريتيك (H_2SO_4). وتتحول الألواح الموجبة إلى ثاني أكسيد الرصاص (PbO_2) مرة أخرى، بواسطة الأكسيجين الذي يصبح حرا، وترتفع كثافة الحامض في الإلكتروليت بالبطارية تامة الشحن إلى 1,285 kg/l. وينشأ فرق جهد يبلغ بحوالي 2,7 فولط بين الألواح الموجبة والألواح السالبة.

٧ - ٣ - ٥ شحن البطارية الجديدة

تُسَلَّم البطاريات إما جافة ومشحونة أو مملوءة ومشحونة. ويمكن في الحالات العاجلة أن تجهز بطاريات جافة قابلة للتشغيل مباشرة بعد ملئها بحامض بطارية كثافته 1,285 kg/l. وتعطي البطارية عندئذ حوالي 80% من سعتها الإسمية. إلا أنه في هذه الحالة يجب اختبار كثافة الحامض في البطارية بعد زمن قصير جدا. أما في الحالات العادية، فتتبع الخطوات التالية عند شحن بطارية جديدة:

- ترفع سدادة غلق الخلية.
- تعبأ الخلايا بحامض الكبريتيك المخفف النقي كيميائيا بكثافة تبلغ 1,285 kg/l إلى ارتفاع 10 mm فوق الحافة العليا للفواصل العازلة (15 mm فوق حافة الألواح).
- بعد خمس أو ست ساعات يراد مستوى سطح الحامض الذي هبط، بتعبئة لاحقة حتى يبلغ ارتفاعه السابق.
- يوصل القطب الموجب (+) للبطارية بالقطب الموجب لجهاز شحن التيار المستمر، والقطب السالب (-) بالقطب السالب، ثم يوصل تيار الشحن مع مراعاة شدة تيار الشحن المقررة (يرجع لتعليمات المنتج) ويبلغ زمن الشحن العادي حوالي عشر ساعات.
- تراقب درجة حرارة الحامض . وعند ارتفاع درجة الحرارة عن حدود 45°C تخفض شدة تيار الشحن ويزداد بالتالي الزمن اللازم للشحن.
- ينتهي شحن البطارية عندما تنطلق غازات من جميع الخلايا بطريقة نشطة ومنتظمة، ويجب أن تكون كثافة الحامض عندئذ 1,285 kg/l، وأن يبلغ جهد الخلية بين 2,6 V و 2,7 V (فولط).

يعتبر انطلاق الغازات من البطارية دليل على تمام شحنها، وانتهاء التحول الكيميائي في الألواح، ولا يبقى إلا الماء الذي يتحلل إلى مكوناته الأساسية أي إلى الهيدروجين (H_2) والأكسيجين (O_2). عندئذ ينطلق H_2 من الألواح السالبة وينطلق O_2 من الألواح الموجبة ويتكون من كلا غازي الأكسيجين والهيدروجين سويا غاز متفجر. ولهذا السبب يجب مراعاة التهوية الجيدة في غرف الشحن. كما يجب تجنب وجود شعلات مكشوفة وشرارات بالقرب من بطارية ينطلق منها الغاز بأي حال من الأحوال.

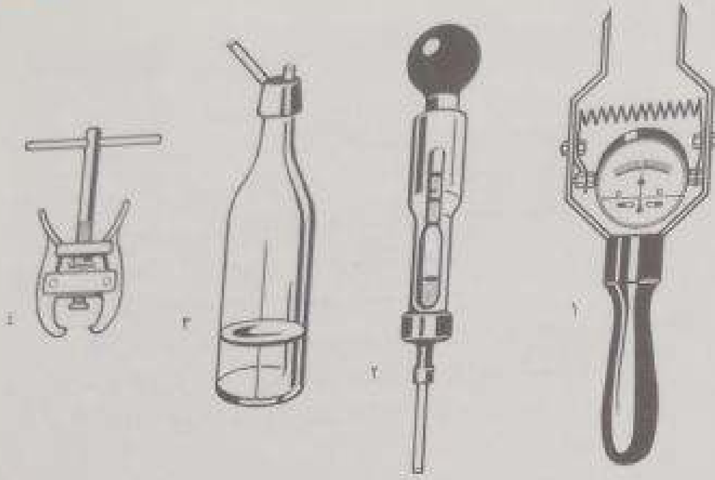
٧ - ٣ - ٦ طبيعة عمل (أداء) البطاريات

إن أي بطارية ليصيبها تفريغ ذاتي بمرور الزمن حتى دون سحب أي تيار منها، أي عند توقف المركبة، بسبب تكون كبريتات الرصاص في الألواح بواسطة التفاعل الكيميائي مع الأحماض. وتعتمد شدة التفريغ الذاتي على حالة البطارية والحامض، وعلى درجة حرارة الوسط المحيط، كما تعتمد أيضا على مادة البطارية. ويبلغ هذا التفريغ حوالي 1% من السعة، يوميا. ويزيد تلوث غطاء الخلية وتكون الأكاسيد من سرعة التفريغ الذاتي. ويصيب البطاريات - التي تترك لمدة طويلة بدون شحن - تكبرت بسرعة كبيرة، وبذلك تصبح غير صالحة للاستخدام.

تجهد شبكات الألواح بسبب انتفاخ المادة الفعالة أثناء التفريغ إجهادا شديدا. وعند تكرار التفريغ الشديد، تتضخم الشبكة وتضغط على غطاء الخلية إلى أعلى تحت عوامل معينة. وبمرور الزمن تبلى مادة الشبكة المعدنية (بالصدأ) وتفقد مقاومتها للإجهادات الميكانيكية. فتتكسر الشبكة وتفقد موصليتها وتتفتت كتلتها. ويمكن أن يؤدي تجمع كتل الفتات المتساقط إلى حدوث دائرة قصر بين الألواح، ويؤدي ذلك إلى الإتلاف المبكر لبعض الخلايا. ويبلغ عمر البطارية من حوالي سنتين إلى أربع سنوات حسب التحميل.

٧ - ٣ - ٧ جهد الشحن وتيار الشحن والشحن السريع

يتم شحن بطارية المركبة الآلية بواسطة المولد في التشغيل العادي أثناء السير. ويقوم مفتاح تنظيم كهربائي بالمحافظة على الجهد المعطى من المولد ثابتا من الناحية العملية وعند أي سرعة دوران للمحرك. إلا أنه إذا لم تشحن البطارية شحنا كافيا - بسبب كثرة السير في داخل المدن أثناء الظلام مثلا، أو نتيجة توصيل أجهزة الاستهلاك أثناء وقوف المركبة، أو بسبب أعطال في المولد - فإنه يجب إعادة شحنها، حتى تصل إلى حالة الشحن التام مرة أخرى. وإذا لم يتم ذلك فإن كتلة الألواح الفعالة - التي لا تتحول كيميائيا - يصيبها التكبرت.



٢٨٥-١ أهم أجهزة الصيانة:

١- مختبر الخلية (فولطمتر المراكم)، إلا أنه لا يجب استخدامه لاختبار البطاريات الجديدة. ويستخدم لاختبار الجهد في كل خلية.

٢- الهيدرومتر، ويستخدم لتعيين كثافة الحامض وبالتالي السعة (الشحنة) المتبقية بالبطارية.

٣- زجاجة إضافة الماء المقطر.

٤- نازع أطراف توصيل الأقطاب، ويستعان به لنزع أطراف التوصيل الملتصقة أو الصدئة دون إلحاق الضرر بالأقطاب أو بغطاء الخلية.

يؤخذ الجهد الذي يتم عنده انطلاق الغازات وقدره 2,4 V كمقياس لشدة التيار التي يمكن شحن البطارية بها. وإذا لم يكن قد تم الوصول إليه، فتستطيع البطارية أن تسحب تياراً شديد الارتفاع. ويجب مراعاة ألا تزيد درجة حرارة الحامض عن 45°C أثناء ذلك. ويوصف الشحن بأنه إما عادي أو سريع تبعا للزمن الذي تستغرقه عملية الشحن. ففي الشحن العادي يجب معاملة البطارية (برفق) حيث يبلغ تيار الشحن حوالي 10% من سعة البطارية ولا يؤثر خفض تيار الشحن الاسمي تأثيرا ضارا. وتشحن البطارية حتى السعة الاسمية. وتصل شحنة بطاريات المركبات إلى 80% من سعتها في وقت قصير في حال الشحن السريع. أما الشحن الكامل فيتم بواسطة المولد أثناء السير. ويبلغ تيار الشحن السريع حوالي من خمسة إلى عشرة أمثال تيار الشحن المعتاد. إلا أنه يجب انتهاء الشحن السريع عند جهد قدره 2,4 V لكل خلية، حتى لا تتلف الألواح من جراء الانبعاث الشديد للغازات. لذا تحتوي أجهزة الشحن السريع على تجهيزة يمكن بواسطتها تحديد هذه القيمة بدقة، وتقوم بفصل تيار الشحن السريع عند هذا الحد تلقائيا.

٧-٣-٨ صيانة البطارية

لزيادة عمر بطاريات المركبات الآلية، يجب عدم إهمال الاختبار الدوري والصيانة (شكل ٢٨٥-١). ولتحقيق ذلك يجب إجراء الأعمال التالية بدقة وعلى فترات منتظمة - كل أسبوعين أثناء الصيف وكل أربعة أسابيع في الشتاء.

- اختبار مستوى الحامض، وإضافة ماء مقطر إذا لزم.
- اختبار حالة الشحن، خاصة في الشتاء بسبب احتمال تجمد سائل البطارية.
- تنظيف البطارية وإزالة الأكاسيد وتشحيم أطراف الأقطاب وأطراف التوصيل بواسطة شحم واق من الأحماض.

وإذا لزم تحضير حامض البطارية، يجب مراعاة عدم صب ماء على الحامض بتاتا (وإنما يضاف الحامض إلى الماء)، لتلافي تكون البخار الكثيف وخطر الترشش (الطرطشة). ولا يجوز إجراء عملية الخلط في زجاجة، لأنها قد تنفجر بسبب الحرارة المتولدة.

٧-٣-٩ البطارية القلوية

أدت حساسية البطارية الرصاصية للمعاملة الخاطئة وقصر عمرها وثقل وزنها وسهولة تعرض ألواحها للكبرتة وللتلف الميكانيكي الناشئ عن الاهتزازات أثناء السير، إلى إنتاج بطاريات بالكتروليتات (محلول كهربائي) قلوية تتركب من 20% من الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) أو البوتاسا الكاوية (هيدروكسيد البوتاسيوم) مع ألواح من النيكل أو الحديد أو هيدروكسيد الكادميوم. إلا أن هذه البطاريات لم ينتشر استخدامها في تشغيل المركبات الآلية، لأن ميزة التوفير في الوزن تنعدم نتيجة لكبر حجم الألواح، ولأن ثمنها أعلى بكثير إلى جانب أن المواد اللازمة لها ليست متوفرة بكميات كافية.

الملخص:

- تغذي البطارية أجهزة الاستهلاك الموصلة، عندما لا يعطي المولد أي تيار، كما هو الحال عند توقف المركبة، أو أثناء دوران المحرك بسرعة منخفضة مثلا. وتعطي البطارية طاقة بدء التشغيل، وتشحن البطارية بواسطة طاقة المولد الفائضة أثناء السير.
- تستخدم مراكم الرصاص وحامض الكبريتيك في المركبات الآلية. وتعتبر كثافة العبوة الحامضية (الحامض) مقياسا لحالة الشحن بالبطارية.
- يجب الكشف على مستوى الحامض مرة كل أربعة أسابيع على الأقل، وإضافة ماء مقطر عند اللزوم.
- يجب مراعاة تعليمات الأمان بدقة عند شحن البطارية. ويفضل الشحن العادي على الشحن السريع.
- يعتبر الكشف الدوري على حالة شحن البطارية عاملا هاما يساعد السائق على تجنب صعوبات بدء تشغيل المحرك البارد، خصوصا في فترة الشتاء الباردة.

١ – صف تركيب بطارية رصاصية.
٢ – ما الذي يجب مراعاته أثناء الشحن العادي للبطارية؟
٣ – ما هو تأثير درجة الحرارة، وشدة تيار التفريغ على سعة البطارية؟
٤ – لماذا تستخدم ألواح شبكية في بطاريات تغذية بوادئ التشغيل؟
٥ – أذكر بعض أعمال صيانة البطاريات وعللها.
٦ – كيف يمكن تعيين حالة الشحن لبطارية ما؟
٧ – ما الذي يجب مراعاته عند خلط حامض المركز مع الماء المقطر؟
٨ – ما هي العوامل التي يمكن أن تؤدي إلى إتلاف البطاريات؟
٩ – ماذا تعرف عن البطارية القلوية؟

٧ – ٤ المولد (مولد التيار الكهربائي)

يعتبر المولد أكثر الأجهزة أهمية في التجهيزات الكهربائية بالمركبة الآلية. ويطلق عليه غالبا إسم مولد التيار الكهربائي أيضا. وهو يجعل جميع التجهيزات الكهربائية غير معتمدة على منابع التيار الأخرى، أثناء سير المركبة. ويعتمد كل من حجم المولد وقدرته على عدد أجهزة الاستهلاك الكهربائية الموجودة في المركبة، وعلى احتياجاتها من القدرة.

٧ – ٤ – ١ وظيفة المولد

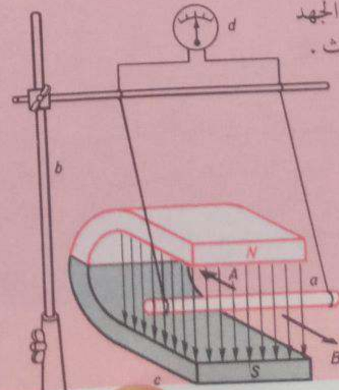
يمد المولد جميع أجهزة الاستهلاك الكهربائية في المركبة الآلية بالتيار الكهربائي ويشحن البطارية. ولما كان المولد يستمد حركته من المحرك الذي يدور بسرعات متغيرة، فإنه يدور هو أيضا بهذه السرعات المختلفة. ومن ثم فإن الجهد والتيار والقدرة المتولدة تتغير باستمرار. يضاف إلى ذلك، أن كمية التيار المسحوب أثناء السير نهارا تختلف عنها أثناء السير ليلا، ثم إن حالة شحن البطارية متغيرة. ولذلك يجب تزويد المولد بمجموعة تنظيم تعمل بشكل سليم، حتى يستطيع توليد تيار منتظم الجهد، على الرغم من اختلاف ظروف تشغيله.

٧ – ٤ – ٢ توليد جهد مستمر في المولد

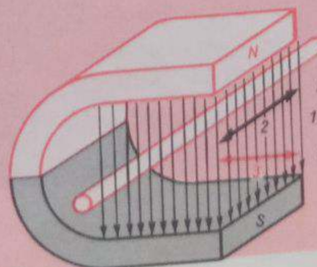
تبنى نظرية عمل المولد على توليد الجهد بواسطة الحث، أي على أساس حركة موصل كهربائي في مجال مغنطيسي.

التجربة ٥: عند تحريك موصل كهربائي في مجال مغنطيسي، ينشأ فرق جهد بين نهايتي الموصل

مخطط التجربة:



٢٨٦ – ١ توليد الجهد عن طريق الحث.



يمكن توضيح تأثير الحث بالاستعانة بخطوط المجال المغنطيسي: لا يتولد الجهد، إلا عندما يقطع الموصل خطوط المجال المغنطيسي (اتجاه السهم 3).

إجراء التجربة: ١- يترك الموصل ليتأرجح بين طرفي مغنطيس على شكل حدوة حصان (في اتجاه السهم d)، ويراقب مؤشر جهاز القياس.
٢- يترك الموصل معلقا في حالة سكون.
٣- يحرك المغنطيس الدائم بسرعة أثناء تعليق الموصل في حالة سكون.
٤- يقلب وضع المغنطيس الدائم (القطب الجنوبي إلى أعلى) ويحرك بسرعة.

المشاهدة:

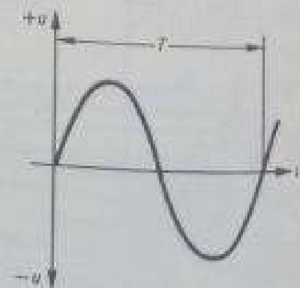
	الموصل يتأرجح	انحراف المؤشر
بالنسبة إلى البند ١	في الاتجاه A	إلى اليمين
بالنسبة إلى البند ١	في الاتجاه B	إلى اليسار
بالنسبة إلى البند ٢	لا يتأرجح	صفر
بالنسبة إلى البند ٣	انحراف المؤشر مماثل لما في البند ١	
بالنسبة إلى البند ٤	اتجاه الجهد عكس ما في البند ٣	

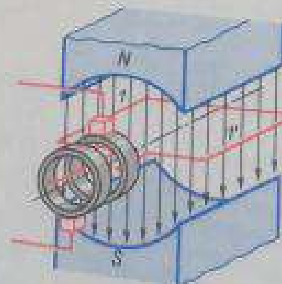
الاستنتاج: يتولد جهد في الموصل الكهربائي في الحالات التالية:
أ) إذا تحرك الموصل في اتجاه السهم d في المجال المغنطيسي.
ب) إذا ظل الموصل ساكنا وتحرك المجال المغنطيسي.
ويتولد جهد في الاتجاه المضاد إذا عكس اتجاه الحركة، أو اتجاه المجال.

ويعتمد قيمة الجهد المتولد على كثافة التدفق المغنطيسي، وسرعة حركة الموصل، وطول الموصل (شكل ٢٨٧ - ١). فإذا أديرت أنشوطة (لفيفة) من السلك في مجال مغنطيسي، يمر فيها تيار ذو جهد متردد، ويغير هذا الجهد قيمته واتجاهه دوريا (في فترات زمنية متساوية)، على نقيض الجهد المستمر. وإذا وصلت نهايتا الأنشوطة بحلقتين معزولتين مثبتتين على محور الإدارة، لأمكن الحصول على تيار متردد بالتدوير المستمر للأنشوطة. فإذا أريد توليد تيار مستمر، تستخدم حلقة أنشوطة مقسمة إلى نصفين معزولين ومتقابلين. يوصل أحد طرفي الأنشوطة بالنصف الأعلى للحلقة، والطرف الآخر بالنصف الأسفل. فبينما يتولد جهد متردد في الأنشوطة، يمكن سحب تيار مستمر عند (الفرشاتين) A و B (شكل ٢٨٨ - ١)، بواسطة الحلقة المقسومة (عاكس التيار، أو مبدل، أو مجمع). ويعتبر المولد في المركبة الآلية مكنة توليد تيار مستمر بتوصيل على التوازي، أي أن التيار اللازم لإثارة المجال الكهرومغنطيسي يُولَّد في المكنة ذاتها، ويؤخذ من تيار عضو الإنتاج الكهربائي. لذلك يجب أن توجد كمية ضئيلة من المغنطة المتبقية بين حذاقي الأقطاب دائما، كي يمكنها تقوية المجال المغنطيسي، عند بدء تدوير عضو الإنتاج الكهربائي. وإلا فإنه يتحتم توليد المجال من الخارج بواسطة توصيل بطارية. وفي هذه الحالة يراعى توصيل طرفي المكنة مع قطبي البطارية بطريقة صحيحة، وإلا فإنه لا يحصل تقوية لمجال الإثارة، بل إضعاف له. ويبيَّن اتجاه دوران المولد بواسطة سهم على المكنة يشير إلى اتجاه الدوران سواء كان في اتجاه عقارب الساعة، أو عكس عقارب الساعة.

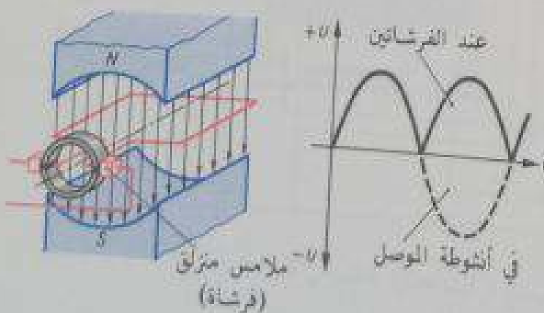
٧-٤-٣ تركيب مولد التيار المستمر

يتركب المولد من الأجزاء الرئيسية التالية (شكل ٢٨٨ - ٢):
مبيت القطب، الذي يحتوي على حذاقي القطب ولفيفة الإثارة.
عضو الإنتاج الكهربائي وبه لفيفة عضو الإنتاج والمجمع.
فرش كربونية وحامل الفرش.
لوحتا (غطاءا) تحميل لكل من محمل عمود الإدارة ومحمل المجمع.
مفتاح تنظيم (مركب داخل المولد، أو مثبت عليه، أو موضوع في مكان بعيد عنه).

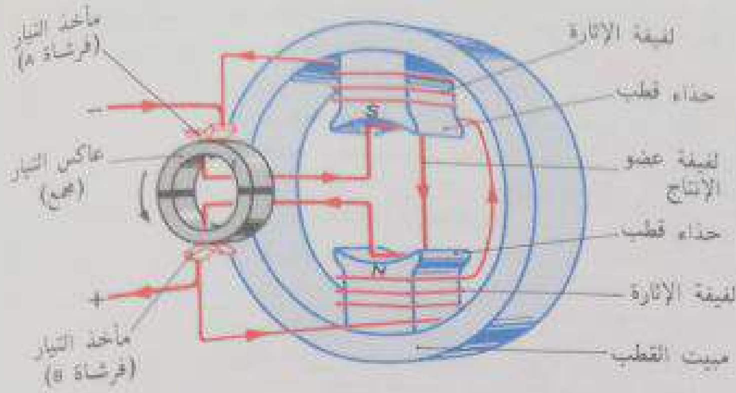




٢٨٧ - ١ توليد جهد متردد: يتصل كل طرف من طرفي الملف بإحدى حلقتي الأنشوطة. وعندما يقطع الملف الخطوط المغنطيسية يتولد الجهد. تتردد قيمة واتجاه الجهد باستمرار من قيمة صفر (0) (عند تحركه موازيا لخطوط القوة)، وحتى القيمة العظمى (حينما يقطع خطوط القوة عموديا). ولذا يطلق عليه إسم الجهد المتردد.



٢٨٧ - ٢ توليد جهد مستمر نابض. عند توصيل نهايتي الملف بنصفي حلقة (أنشوطة) مقسومة، بحيث يكون النصفان معزولين عن بعضهما، فإن الجهد المأخوذ عند الفرشاتين، يكون دائما في نفس الاتجاه، أي أنه جهد مستمر. وتتغير قيمته في هذه الحالة أيضا باستمرار.



٢٨٨ - ١ التركيب الأساسي لمولد تيار مستمر بتوصيل على التوازي .

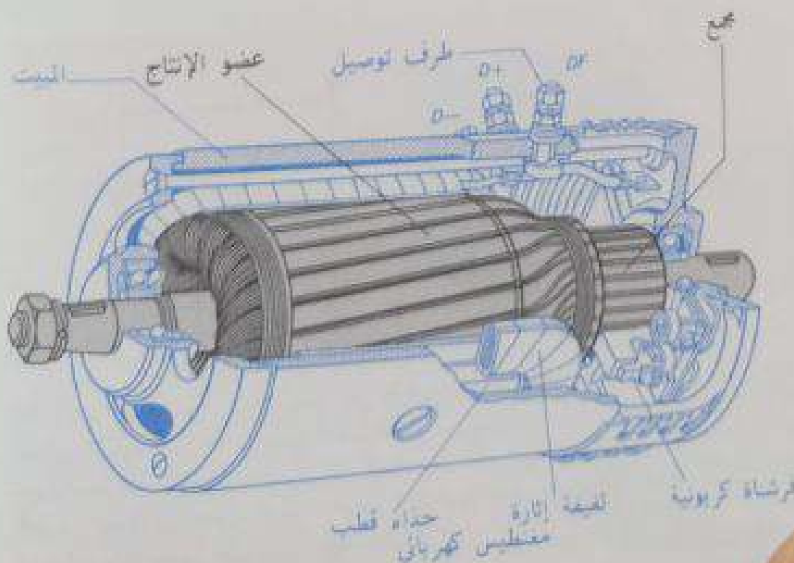
بينما يصنع مبيت الأقطاب وأحذية الأقطاب الصغيرة من الحديد المصمت ، فإن أحذية الأقطاب الأكبر تجمع من صفائح لتجنب تولد التيارات الدوامية . ويتركب عضو الإنتاج الكهربائي من قلب حديدي مركب بداخله لفات عضو الإنتاج . إذ تتطلب القوى الطاردة المركزية - الناشئة أثناء سرعات الدوران العالية لعضو الإنتاج - حماية كافية للفائف عضو الإنتاج من الانفلات . ويجمع القلب الحديدي لعضو الإنتاج أيضا من صفائح رقيقة (رقائق) . ويتكون المجمع من صفائح رقيقة من النحاس ، معزولة عن بعضها وعن عضو الإنتاج . ويتم إدخال الفرش الكربونية داخل حامل الفرش بالضغط المنتظم عليها .

٧ - ٤ - ٤ حجم المولد

على المولد أن يغطي جميع احتياجات الطاقة الكهربائية للمركبة الآلية . وتخضع هذه الاحتياجات لتغيرات كبيرة تنشأ عن مجموعة الأجهزة ذات الاستهلاك الدائم ، ومجموعة الأجهزة الموصلة في الدائرة بصفة مؤقتة من ناحية ، وعن تغير التشغيل في الصيف عنه في الشتاء من ناحية أخرى . فإذا صمم المولد طبقا للاحتياج الأقصى للطاقة ، فإننا نحصل على مكنة ثقيلة للغاية ، مرتفعة التكاليف . ولذلك تؤخذ القدرة المتوسطة كأساس للتصميم . وتوصل بطارية لمعادلة الزيادة . وهي ما تسمى ببطارية موازنة . فهي تختزن طاقة المولد التي لا تستهلك ، ثم تعطيها عند الحاجة مرة أخرى .

٧ - ٤ - ٥ مفتاح التنظيم (شكلا ٢٨٩ - ١ و ٢)

يتطلب التشغيل المشترك للمولد والبطارية وجود مفتاح للتيار العائد ، يقوم بتوصيل البطارية أثناء دوران المولد بسرعة عالية علوا كافيا ، وفصلها ثانية عند الدوران بسرعة منخفضة . فيتولى مفتاح التنظيم حفظ الجهد اللازم لأجهزة الاستهلاك ، عند القيم 6 V أو 12 V أو 24 V فولط ثابتا بصفة دائمة ، بالرغم من تغير سرعة دوران المولد والتغيرات الكبيرة في التحميل . وهو يتكون من بكرة ملفوف عليها ملف تيار وملف جهد ، وخافظة وملامسات . يُشد نابض إرجاع الخافظة في وضع السكون بعيدا عن قلب الملف . وبذلك تفتح (تتباعد) ملامسات ملف التيار ؛ ويتم منع التوصيل المستمر للملامسات أثناء التغير في سرعة المولد ، وبالتالي منع تفحم سطوح هذه الملامسات ، عن طريق عمل ملفي التيار والجهد سويا على قلب مشترك .



٢٨٨ - ٢ تركيب مولد التيار المستمر .

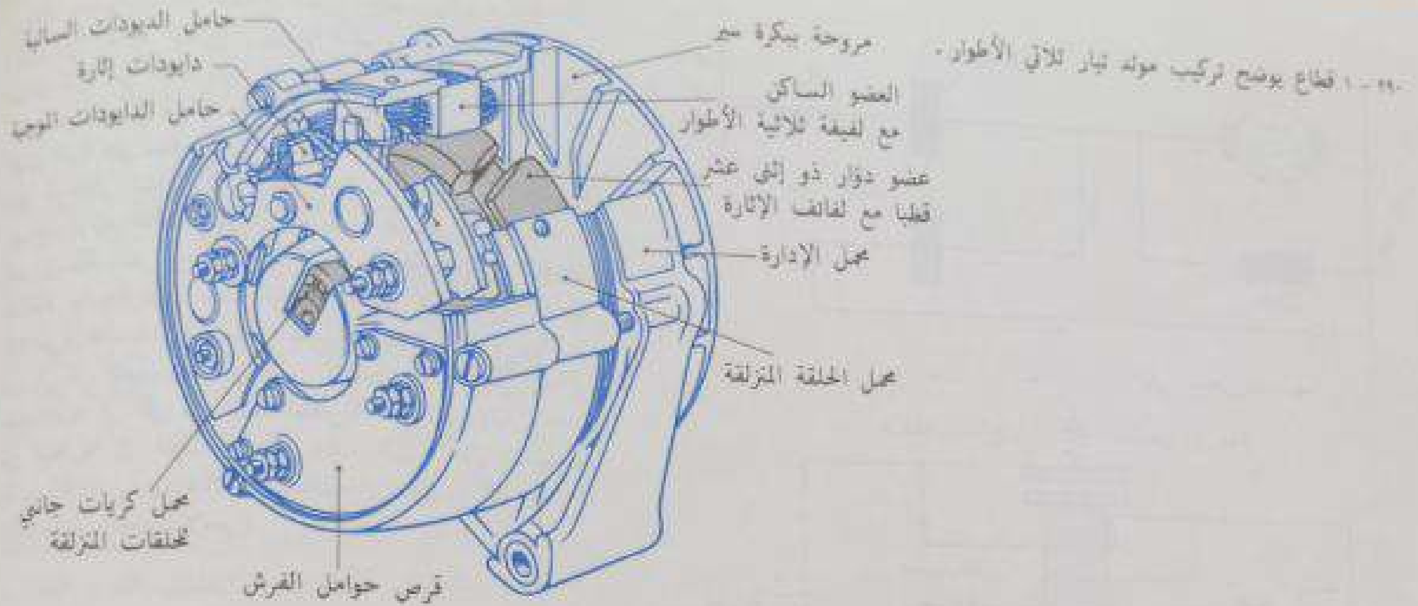
٢٨٩ - ١ و ٢ طريقة عمل مفتاح التيار العائد. يلف ملفان على قلب من الحديد المطاوع. يوصل ملف الجهد - المكون من لفات كثيرة من سلك رفيع على التوازي - مع المولد، ويكون بذلك موصلاً على جهد المولد. يوصل ملف التيار - المكون من لفات قليلة من سلك تخين - على التوالي بين المولد والبطارية، ويمر به تيار الشحن أثناء قفل ملامسات (نقط تلامس) المفتاح. توضع حافظة المفتاح فوق قلب المغنطيس، وتشد بعيداً عنه بواسطة نابض إرجاع. عند ازدياد سرعة الدوران تنجذب الحافظة بواسطة تأثير ملف الجهد، وتقفل الملامسات (نقط التلامس) عند s. ويمر تيار الشحن في ملف التيار. وبذا يمر تيار في كلا الملفين يكون في نفس الاتجاه. إلا أنه عند انخفاض جهد المولد إلى أقل من جهد البطارية، يمر تيار (تيار عائد) من البطارية إلى المولد فيضعف ملف التيار المجال المغنطيسي لقلب الحديدي. ويشد النابض الحافظة إلى الخلف، وتفتح بذلك الملامسات (نقط التلامس).

ومن المعلوم أن الجهد الناشئ في المولد، هو حاصل ضرب سرعة الدوران في تيار الإثارة. فإذا أريد الاحتفاظ بالجهد ثابتاً، يجب تنظيم تيار الإثارة في المولد عند تغير سرعة دورانه، بواسطة تغيير شدة المجال المغنطيسي. ويحدث هذا بواسطة منظم تلامسي كهرومغنطيسي، يعمل على القصر السريع لدائرة مقاومة التنظيم المتصلة على التوالي مع لفيفة الإثارة (شكل ٢٧٩ - ٢). وتحرك الملامسات (نقط التلامس) بواسطة حافظة موضوعة أمام مغنطيس كهربائي، ويقوم ملف جهد بتوليد المجال المغنطيسي ما. وترتبط الحافظة ذات الشكل الزاوي ارتباطاً وثيقاً مع قلب المغنطيس الكهربائي بواسطة ذراع مغنطيسية (شكل ٢٨٩ - ٤). وتستخدم الذراع المغنطيسية والحافظة، ليس فقط كموصلين للتدفق المغنطيسي، وإنما كموصلين للتيار أيضاً.

طريقة عمل المنظم: يقوم ملف الجهد بجذب حافظة المنظم، عندما يتعدى الجهد قيمة معينة، وتعيدها قوة شد النابض إلى وضعها الأصلي ثانية عند هبوط الجهد. وعند جذب الحافظة، تتصل مقاومة التنظيم بالدائرة، ويضعف تيار الإثارة. وعندما يضعف المجال المغنطيسي ينخفض الجهد، بحيث تعود الحافظة إلى وضعها الأول ثانية بواسطة شد النابض، وتفصل مقاومة التنظيم عن الدائرة، فتزداد شدة المجال المغنطيسي ثانية، ويرتفع الجهد. تتكرر هذه العملية بمعدل يتراوح بين 50 و 200 مرة كل ثانية. ويمكن أيضاً أن توصل لفيفة الإثارة على القصر، عند السرعات بالغة الارتفاع، ولفترة قصيرة. وينشأ هذا الاحتمال في كل المولدات المنظمة للجهد. ويمكن الحصول على طرازات مختلفة من المنظمات عن طريق ترتيب المنظمات والمفاتيح بشكل منفصل، أو عن طريق تجميع عدد من وحدات المنظمات سوياً، أو بتغيير أماكن الملامسات (نقط التلامس). ويهدف جميع هذه الطرازات إلى شئ واحد، وهو الوصول إلى تنظيم مرن للجهد قدر الإمكان.

٢٨٩ - ٤ دائرة توضح تركيب مفتاح تنظيم من طراز 2.

٢٨٩ - ٣ دائرة المنظم. يبين الشكل المنظم عند السرعة المنخفضة، حيث يكون الجهد ضئيلاً، وتكون قوة الجذب على حافظة المنظم ضعيفة جداً، حتى أن النابض يحفظ ملامسات (نقط تلامس) المنظم مغلقة. توصل لفيفة الإثارة على جهد عضو الإنتاج مباشرة، فتسود بذلك إثارة كاملة. يرتفع الجهد عند سرعات الدوران العالية، حيث تصبح قوة جذب ملف الجهد أكبر، وتنفتح الملامسات (نقط التلامس). حينئذ يجب أن يمر تيار الإثارة عبر المقاومة، وتصبح الإثارة أضعف.



٧ - ٤٩ قطاع يوضح تركيب مولد تيار ثلاثي الأطوار.

٧ - ٤ - ٦ مولد التيار ثلاثي الأطوار

يستخدم مولد التيار ثلاثي الأطوار*، في صناعة المركبات الآلية منذ عدة سنوات بشكل متزايد، لأنه أثبت أفضليته على مولد التيار المستمر بالمزايا التالية:

- يعطي المولد تياراً عند سرعة الدوران الحر مباشرة، ويمكن بذلك الاستغناء عن مفتاح التيار العائد بالمنظم. ومن ثم يصبح المنظم أبسط في تصميمه.
- يضمن شحن عال مستمر للبطارية.
- يتطلب صيانة أقل لعمر أطول، بسبب استبدال المجمع بحلقات منزلقة، ومن ثم تستهلك الفرش الكربونية بمعدل أقل.
- تصميمه أصغر ووزنه أقل.
- يمكن سحب (كبت) الشرر بطريقة أسهل.
- يحول التيار المتردد المأخوذ من المولد ثلاثي الأطوار إلى تيار مستمر، عن طريق الدايودات، التي تسمح بمرور التيار في اتجاه واحد فقط. وتوضع الدايودات على الجانب الأمامي للمولد، لتوفير تبريد أفضل لها.

٧ - ٤ - ٧ صيانة المولد

في حالة وجود أعطال في توليد التيار، يجب أساسا عدم اقتصار البحث عن الأسباب في المولد أو المنظم فقط، وإنما يجب فحص البطارية، أو الوصلات، أو مجموعة الإدارة بالسيور أيضا. وتنحصر أعمال صيانة المولد في اختبار شد السير، والكشف على الفرش الكربونية، التي يجب استبدالها بعد مسافة سير قدرها حوالي 35 000 km، وكذلك اختبار حالة المجمع، إذ يجب أن يكون سطح المجمع أملسا ومنتظما قدر الإمكان، وخاليا من الغبار والزيت. ولا تحتاج محامل كريات المولد إلى أي تشحيم بين العمرات الأساسية.

ولا يحتاج مفتاح المنظم إلى صيانة، إذ يجب استبداله كلية عندما يتلف. ولا يجوز إجراء أي تغيير في ضبط المنظم بأي حال من الأحوال. لأن المنظم يكون عادة مكفولا للعمل لفترة زمنية معينة فقط.

ويمكن حصر الأعطال الرئيسية فيما يلي:

- شحن غير كاف للبطارية.
- عدم إضاءة مصباح بيان الشحن عند وصل دائرة الإشعال وعند توقف المحرك.
- إرتعاش مصباح بيان الشحن.
- عدم انطفاء مصباح بيان الشحن عند سرعات الدوران العالية.
- تلف مفتاح المنظم.

ولا تكفي إزالة الأعطال في جميع الأحوال فقط، بل يجب تحديد أسبابها، وإزالتها بواسطة أحد المتخصصين.

الملخص:

- يغذي المولد أجهزة الاستهلاك بالتيار أثناء دوران المحرك، ويقوم في نفس الوقت بشحن البطارية الموصلة معه على التوالي.
- يتوقف حجم المولد على أجهزة الاستهلاك المركبة في السيارة، إذ يجب أن تكون قدرته الاسمية مساوية على الأقل للاستهلاك الكلي لجميع أجهزة الاستهلاك الدائم.
- يجب أن يعطي المولد جهدا ثابتا، بالرغم من تغير سرعات دوران المحرك، ويقوم منظم الجهد بعملية التنظيم.
- تمتاز مولدات التيار ثلاثي الأطوار بأنها خفيفة الوزن، وبأنها تعطي تيارا فور تشغيل المحرك بلا حمل. ولما كان التيار ثلاثي الأطوار غير قابل للتخزين، وغير ملائم لتوصيل أجهزة استهلاك متباينة بسبب التأرجح الشديد في التردد، لذا يجب تقويمه، ويتم التقويم بواسطة دايودات من أشباه الموصلات.

أسئلة:

١ - ما هي وظائف المولد؟
٢ - ما هي وظائف المنظم، ومفتاح التيار العائد؟
٣ - كيف ينشأ الجهد في المولد؟
٤ - إشرح تركيب مولد التيار المستمر.
٥ - ما هي مزايا مولد التيار ثلاثي الأطوار بالمقارنة، بمولد التيار المستمر؟
٦ - ما هي الأعطال التي يمكن أن تظهر في مجموعة توليد التيار؟

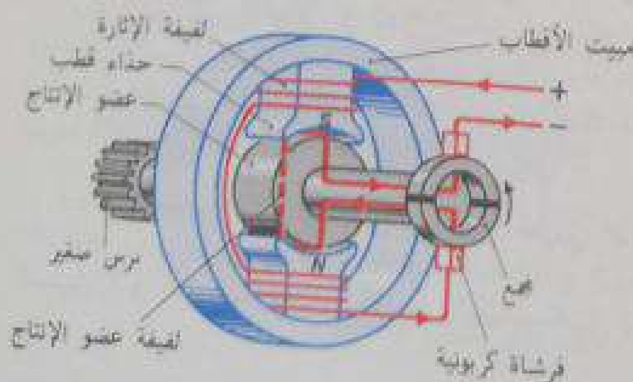
٧ - ٥ بادئ التشغيل

٧ - ٥ - ١ وظيفة بادئ التشغيل

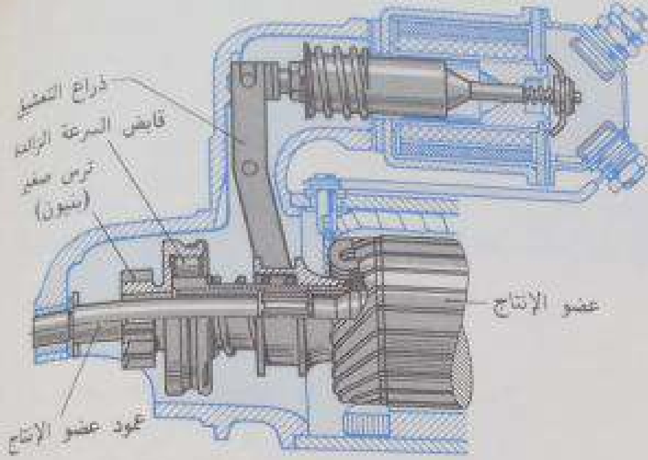
لا يمكن بدء إدارة محرك الاحتراق الداخلي بقوته الذاتية، وقد تتم الإدارة (التشغيل)، إما بواسطة التدوير باليد، أو بهواء مضغوط، أو بمساعدة محرك كهربائي. ويلاقي تدوير المحرك - في البداية - مقاومات كبيرة، ناشئة عن شوط الانضغاط وعن الاحتكاك، وغيرها من العوامل التي يكون تأثيرها كبيرا، خاصة في فصل الشتاء، بسبب ارتفاع درجة لزوجة زيت التزليق. وتصبح وظيفة بادئ التشغيل الكهربائي إذاً، هي التغلب على هذه المقاومات، وإيصال المحرك إلى أقل سرعة دوران لازمة لإشعال خليط الهواء والوقود.

٧ - ٥ - ٢ تركيب بادئ التشغيل (شكل ٢٩١ - ١)

بادئ التشغيل الكهربائي، هو عبارة عن محرك كهربائي ذو ترس صغير، وترتيبة لتعشيق الترس الصغير في الترس الحلقي للحذافة. ويتشابه بادئ التشغيل مع المولد، من حيث مظهر مبيته وأحذية أقطابه ولفيفة الإثارة فيه. وبما أن لفيفة الإثارة موصلة على التوالي، فإن بادئ التشغيل هو عبارة عن محرك توالٍ. ويعطي هذا النوع من المحركات عزم دوران كبير في البداية، وهو أمر ضروري للتغلب على مقاومات المحرك، لذا فإنه ذو ملاءمة جيدة لبدء تشغيل المحرك.



٢٩١ - ١ التركيب الأساسي لبادئ التشغيل الكهربائي.



٢٩٢ – ١ آلية التوصيل في بادئ التشغيل ذي الترس الدفعي المنزلق، بتشغيل كهرومغنطيسي. يندفع الترس الصغير محوريا بواسطة شوكة عند ذراع التعشيق تجاه أسنان الترس الحلقي للحذافة. ويسحب ذراع التعشيق مع حافظة الشد به إلى داخل ملف المغنطيس، بواسطة قوة الجذب المغنطيسي، عندئذ يبدأ توصيل تيار بدء التشغيل الكلي.

وتبلغ نسبة نقل الحركة بين الترس الصغير والترس الحلقي للحذافة حوالي (1 : 20). ولا يجوز أن يستمر تعشيق الترس الصغير أثناء تشغيل المحرك، عند هذه النسبة المرتفعة للنقل، وإلا بلغت سرعة دوران بادئ التشغيل درجة غير مسموح بها. لذا يجب فصل التوصيل بين المحرك وبادئ التشغيل، أي فصل التعشيق بينهما، بواسطة ترتيبة فصل خاصة، إذا مازادت سرعة دوران المحرك عن قيمة معينة.

٧ – ٥ – ٣ طريقة عمل بادئ التشغيل

تعتمد طريقة عمل المحرك الكهربائي – الذي يعمل بالتيار المستمر – على التأثير المغنطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملفات سلكية – كما هو حال في المولد. ونتيجة لمرور التيار في لفائف عضو الإنتاج ولفائف الإثارة، يتكون مجالان للقوى الكهرومغنطيسية يتنافران ثم يتجاذبان، مما يؤدي إلى دوران عضو الإنتاج.

٧ – ٥ – ٤ أنواع بوادئ التشغيل

تنحصر الصعوبة الرئيسية لبادئ التشغيل، في ارتفاع نسبة نقل الحركة بين سرعة دوران عمود المرفق، وسرعة دوران عمود بادئ التشغيل، وما يتعلق بها من تعشيق وفصل الترس الصغير. ويمكن التمييز بين أنواع بوادئ التشغيل تبعا لنوع عملية التعشيق كما يلي:

- بادئ تشغيل ذو ترس حلزوني.
- بادئ تشغيل ذو ترس دفعي منزلق.
- بادئ تشغيل ذو ترس حلزوني دفعي.
- بادئ تشغيل ذو عضو إنتاج دفعي منزلق.

وعلاوة على ذلك تحتوي المحركات الكبيرة على بادئ تشغيل بندولي، وهو لا يقوم بدورة كاملة أثناء التشغيل، بل يتأرجح مرارا. ويتولد عن ذلك عزم دوران كبير، كاف لكي يتعدى دوران المحرك النقطة الميتة العليا.

يحصل بادئ التشغيل ذو الترس الحلزوني الدفعي على تياره الكلي في الحال، ويدفع الترس الصغير (بنيون) المثبت على لولب كبير الخطوة، بتأثير القصور الذاتي – في حركة لولبية – في اتجاه أسنان الترس الحلقي للحذافة. ولما كان فصل التعشيق يتم بمجرد ارتفاع سرعة دوران المحرك، فإن الترس الصغير يندفع حينئذ عائدا إلى وضع السكون. ويصنع أيضا بادئ تشغيل للقدرات الكبيرة ذو ترس حلزوني (دودي) ذي مرحلتين، إذ يحدث التعشيق في مرحلة كهربائية أولية، وبعد تعشيق الترس الصغير، يوصّل التيار الرئيسي.

ويتم تعشيق الترس الصغير في بادئ التشغيل ذي الترس الدفعي المنزلق (شكل ٢٩٢ – ١) ميكانيكيا، أو بتشغيل كهربائي لآلية الوصل. وبعد أن يكتمل التعشيق يوصل التيار لمحرك التوالي. ولحماية المحرك، يوضع – بين الترس ومحرك بادئ التشغيل – قابض لتجاوز السرعة كتأمين ضد الحمل الزائد، الذي ينتج عند دوران المحرك بسرعات عالية. ويمكن كبح عضو الإنتاج، والوصول به إلى حالة السكون بسرعة، بواسطة فرملة عضو الإنتاج.

ويهدف تصميم بادئ التشغيل ذي الترس الحلزوني الدفعي، الجمع بين التعشيق المعتدل الذي يتمتع به بادئ التشغيل ذو الترس الحلزوني، وعزم دوران البدء (الانطلاق) الجيد لبادئ التشغيل ذي الترس الدفعي المنزلق (قارن شكلي ٢٩٣ – ١، ٢٩٣ – ٢). هنا يتم التعشيق كما في آلية التعشيق ذات التشغيل الكهروميكانيكي لبادئ التشغيل ذي الترس الحلزوني. ولكن عند فصل التعشيق ينزلق الترس

٢٩٢ - ١ تركيب بادئ التشغيل ذي الترس الحلزوني الدفعي.

الصغير على اللولب كبير الخطوة عائدا بالقدر الذي تسمح به شوكة ذراع الدفع. لذلك يجب تركيب قابض السرعة الزائدة وكابح لعضو الإنتاج كحماية من الحمل الزائد. ويستخدم بادئ التشغيل ذو الترس الحلزوني الدفعي، في سيارات ركوب الأشخاص، في أغلب الأحوال.

وفي **بادئ التشغيل ذي عضو الإنتاج الدفعي**، يتم تعشيق الترس الصغير نظرا لأنه عند الدورات الأولى لعضو الإنتاج يجذب عضو الإنتاج بكامله إلى داخل المجال المغنطيسي للفيفة الإثارة. ويوصل التيار الكلي عن طريق آلية الوصل بعد أن تتم عملية التعشيق. وتتم عملية الفصل بالطريقة الآتية: عندما يدور المحرك، يقل التيار الذي يسحبه بادئ التشغيل، بسبب تزايد سرعة دوران عضو الإنتاج، ويضعف بالتالي المجال المغنطيسي، لدرجة تمكن نابض الإرجاع من سحب عضو الإنتاج خارج المجال المغنطيسي. وبذلك ينفصل الترس الصغير عن الترس الحلقي للحذافة. ولحماية عضو الإنتاج من سرعات الدوران زائدة الارتفاع، يركب قابض ذو نابض احتكاك أو قابض ذو رقائق، بين الترس الصغير وعضو الإنتاج.

٧ - ٥ - ٥ صيانة بادئ التشغيل

يبدأ خطر حدوث دائرة قصر عند إجراء أي عمل من أعمال الصيانة كلها في الأجزاء الكهربائية لبادئ التشغيل. ولهذا وكقاعدة عامة يجب فصل كبل التوصيل الأرضي عن البطارية. وكما يتبع في المولد، يجب الكشف على حالة الفرش الكربونية من حين لآخر للتأكد من سلامة حالتها واستبدالها عند الضرورة. ويجب فحص أسطح المجمعات - إذ يلزم أن تكون ملساء ما أمكن - وتنظيفها بقماش مبلل بالبنزين، ثم تجفيفها بعناية. وبينما يكون المحمل الواقع في جهة المجمع من النوع ذاتي التزليق، نجد أن محمل الانزلاق الموجود في جهة الترس الصغير (البنيون) يحتوي على موضع للتزليق. ويتم التزليق بحوالي 3 cm³ من الزيت الشتوي بعد كل مسافة سير قدرها 25 000 km. وينظف الترس الصغير (البنيون) والترس الحلقي للحذافة بفرشاة مشربة بالبنزين ثم يشحم بشحم جرافيتي.

٢٩٣ - ٢ دائرة التوصيل ومسار التيار لبادئ التشغيل ذي (الترس) الحلزوني الدفعي، وتركيب بادئ التشغيل ذو عضو الإنتاج الدفعي، بصفة خاصة في الشاحنات.

الملخص:

- يتم بدء تشغيل المحرك بواسطة محرك كهربائي ينقل عزم الدوران إلى حدافة المحرك، حتى تبدأ الإشعالات الأولى ويدور المحرك بعد ذلك نتيجة الإشعال.
- يفرق أساسا بين أنواع بادئ التشغيل تبعا لكيفية تعشيق وفصل الترس الصغير (البنيون) عن الترس الحلقي لحدافة المسنن.
- بادئ التشغيل هو محرك توال كهربائي، يعطي عزم دورانه الأكبر عند وصل دائرته، وبذلك يتغلب على مقاومة بدء الدوران بسهولة.

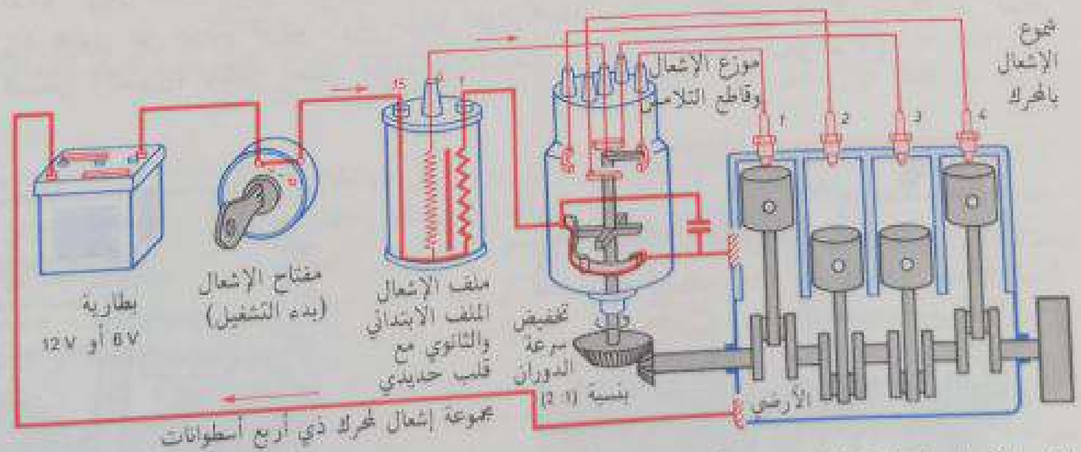
أسئلة:

١ - صف طريقة عمل بادئ التشغيل الكهربائي.
٢ - قارن بين الترس الصغير وتركيبة فصله وتعشيقه في كل من بادئ التشغيل ذي الترس الدفعي المنزلق وبادئ التشغيل ذي الترس الحلزوني.
٣ - أي أنواع بادئ التشغيل يحتاج لحماية من الزيادة الشديدة لسرعة دوران عضو الإنتاج؟ أذكر تفسيرا لهذه الحماية.
٤ - لماذا يستخدم محرك توال يعمل بالتيار المستمر في بادئ التشغيل؟

٧ - ٦ الإشعال

٧ - ٦ - ١ وظائف الإشعال

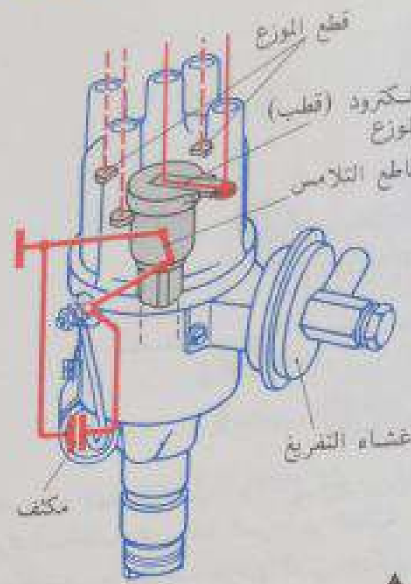
يجب أن تبدأ عملية الاحتراق في أسطوانة محرك المركبة عن طريق إشعال خارجي. ويحدث هذا عن طريق الشرارة الكهربائية التي تقفز بين قطبي شمعة الإشعال مشعلة خليط الهواء والوقود عالي الانضغاط. ولا تصلح في هذا المجال سوى شرارة الجهد العالي فقط، ويتراوح جهد الإشعال بين 12 000 V إلى 20 000 V (فولط). لهذا الغرض يتم تحويل تيار الجهد المنخفض للبطارية أو تيار أي جهاز إشعال آخر. وإذا ما أخذ تيار الجهد المنخفض أو التيار الابتدائي لبطارية المركبة، سمي ذلك بالإشعال بالبطارية. أما في الإشعال بمغنيط فتغذى مغنيطات إشعال خاصة بالتيار الكهربائي.



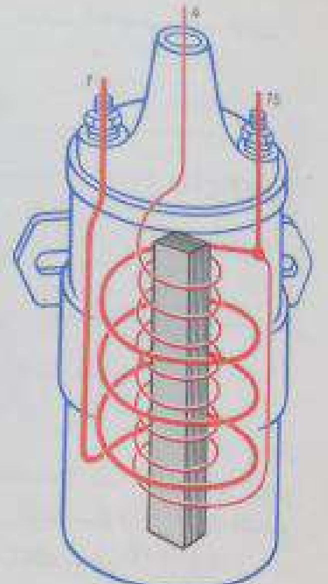
٢٩٤ - ١ الإشعال بالبطارية لمحرك متعدد الأسطوانات. يمكن التعرف على مسار التيار الابتدائي (السلك الثخين)، في مجموعة الإشعال لمحرك ذي أربع أسطوانات. يخرج التيار من البطارية إلى مفتاح الإشعال ثم يدخل إلى ملف الإشعال عند طرف التوصيل (15) ويخرج منه عند طرف التوصيل (1) إلى قاطع التلامس الموجود في موزع الإشعال ويعود إلى البطارية عن طريق توصيل أرضي. أما تيار الجهد العالي في الملف الثانوي - السلك الرفيع - فيخرج من طرف التوصيل (4) إلى موزع الإشعال ومنه إلى شموع الإشعال المختلفة فالتوصيل الأرضي ثم الموصل الابتدائي لملف الإشعال عائدا إلى اللفيفة الثانوية.



٢٩٥ - ٣ ارتفاع وانخفاض التيار الابتدائي لملف إشعال بمكثف وبدون مكثف. يتكون مجال خطوة القوة ببطء لأن جهد الحث الذاتي يضاد في تأثيره لجهد البطارية. تؤخر شرارة القطع عند قاطع التلامس التلاشي السريع لخطوط المجال في حالة عدم وجود المكثف. وتكون نبضة التيار حينئذ ضعيفة ومن ثم تتولد شرارة ضعيفة فقط. ويمنع المكثف - الموصل على التوازي - احتراق قاطع التلامس مما يساعد على التلاشي السريع لمجال خطوط القوة. وتتكون نبضة تيار قوية مع شرارة شديدة.



٢٩٥ - ٢ موزع الإشعال



٢٩٥ - ١ ملف الإشعال

٧ - ٦ - ٢ تركيبة الإشعال بالبطارية (شكل ٢٩٤ - ١)

تنتمي الأجزاء الآتية لتركيبة الإشعال بالبطارية:

- البطارية للتغذية بالتيار الابتدائي.
- ملف الإشعال لتوليد الجهد العالي.
- موزع الإشعال مع قاطع التلامس.
- شموع الإشعال التي يناظر عددها عدد الأسطوانات.
- مفتاح وكبل ومكثف.

ملف الإشعال:

يتكون ملف الإشعال (شكل ٢٩٥ - ١) من قلب من رقائق الحديد المطاوع يحمل اللفيفة الثانوية ذات العدد الكبير من لفات سلك رفيع. وتقع فوقها اللفيفة الابتدائية ذات العدد القليل من اللفات من سلك ثخين. وتوجد اللفيفة الابتدائية بالخارج حتى يمكن تسريب (تبديد) الحرارة الناتجة عن مرور التيار بطريقة جيدة. تقع بداية اللفيفة الثانوية على القلب الحديدي الذي ينتهي بوصلة لكبل الإشعال (4) وتوصل نهاية الملف الثانوي مع بداية الملف الابتدائي بطرف التوصيل (15). وينتهي الملف الابتدائي بطرف التوصيل (1).

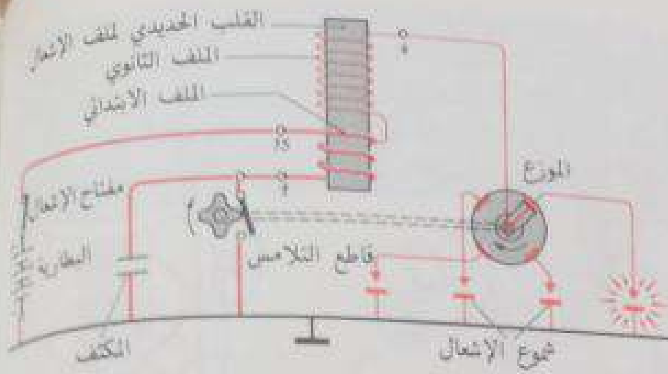
موزع الإشعال:

يحتوي موزع الإشعال (شكل ٢٩٥ - ٢) على مبيت مصنوع من حديد الزهر الرمادي توجد فيه لوحة قاطع التلامس مع العناصر الأخرى المكونة له وكذلك الموزع وضابط التوقيت التلقائي. ويوجد على المبيت من الخارج كل من المكثف وغشاء الضغط المنخفض (التفريغ). ويدار موزع الإشعال بواسطة عمود الحدبات، إذ إن لكليهما نفس سرعة الدوران.

٧ - ٦ - ٣ طريقة عمل قاطع التلامس وملف الإشعال

ملف الإشعال هو عبارة عن محول. فعند لحظة الإشعال، يقطع قاطع التلامس دائرة التيار المستمر الابتدائية في ملف الإشعال، مما يؤدي إلى تلاشي المجال المغنطيسي، وتتولد نبضة تيار بالحث في الملف الثانوي، (تقطع خطوط القوى المغنطيسية المتلاشية لفات اللفيفة الثانوية) تؤدي بدورها إلى انطلاق شرارة الإشعال عند قطبي شمعة الإشعال، ويتم خمد (إخماد) شرارة القطع عند قاطع التلامس بواسطة مكثف موصل على التوازي، وبهذه الطريقة يحدث هبوط فجائي للتيار الابتدائي (شكل ٢٩٥ - ٣) وتلاشي لحظي للمجال المغنطيسي ومن ثم ازدياد تيار الحث.

ويتطلب الأمر في المحركات متعددة الأسطوانات توزيع جهد الإشعال النبضي، الناشئ عند قطع التيار الابتدائي في ملف الإشعال، على شموع الإشعال في مختلف الأسطوانات طبقا لتسلسل معين. وتصمم حدبات القطع في موزع الإشعال - التي يتحكم فيها عمود حدبات المحرك - بحيث يكون عدد رؤوسها مناظرا لعدد الأسطوانات. وبذا ينقطع التيار الابتدائي مع كل دورة من دورات دوار التوزيع، عددا من المرات مساويا لعدد أسطوانات المحرك.



٢٩٦ - ١ دائرة التوصيل لمجموعة إشعال بالبطارية لمحرك رباعي الأسطوانات.

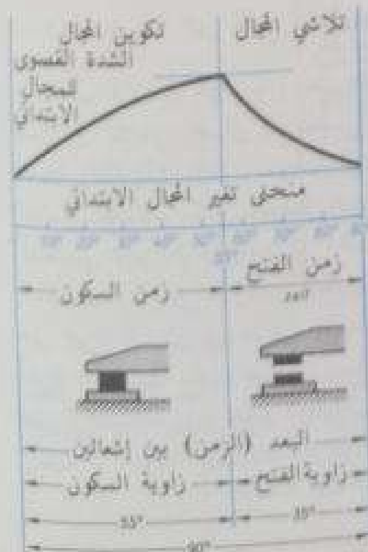
ويحتوي غطاء الموزع على عدد مناظر من القطع الموصلة لجهد الإشعال. ويحتاج تكوين المجال المغنطيسي إلى فترة زمنية معينة. وتكون هذه الفترة المتاحة أطول عند سرعات دوران المحرك المنخفضة عنها عند السرعات العالية. وتعتبر زاوية سكون (قفل) القاطع - وهي الزاوية التي تكون نقطتا تلامس القاطع خلالها متصلتين - مقياسا للزمن اللازم لتكوين المجال المغنطيسي.

٧ - ٦ - ٤ الإشعال بمغنيط (جهاز الإشعال المغنطيسي)

المغنيط أو جهاز الإشعال المغنطيسي هو في حد ذاته مولد تيار متردد، يقوم بتوليد التيار الابتدائي اللازم لتحويل تيار الإشعال ذي الجهد العالي، دون الاعتماد على البطارية. ويتكون جهاز المغنيط من مبيت مصنوع من الألومنيوم المشكل بسباكة الحقن (أو الإسطمبات) وكذلك من مغنطيس دائم ذي شكل حدوة الحصان مع أحذية أقطاب وعضو الإنتاج. ويكون عضو الإنتاج على شكل (I)، وهو يحمل كلا من اللفيفة الابتدائية والثانوية. وتوجد عند نهايتيه الحامل. كما يحمل أيضا الحلقة المنزلقة لتجميع التيار وقاطع التلامس مع الذراع الدوار لقاطع التلامس وحلقة الحدبات التي يمكن ضبطها، وكذلك المكثف. ويصمم غطاء قاطع التلامس كمفتاح دائرة قصر. ويحمل عمود الموزع قطعة الموزع الدوارة، وهو يستمد حركته الدورانية من عمود عضو الإنتاج بواسطة زوج من التروس بنسبة نقل حركة (2:1). وتوضع قطع من النحاس الأصفر في قرص التوزيع مع أطراف توصيل كبل الإشعال.

ويولد المغنيط جهدا مترددا نتيجة لدوران عضو الإنتاج فيه داخل مجال المغنطيس الدائم، حيث يقطع خطوط المجال في اتجاهات متغيرة. وتنقطع دائرة التيار الابتدائي في لحظة حدوث الإشعال، بحيث تتكون نبضة تيار في اللفيفة الثانوية، تزداد شدتها كلما أسرع عضو الإنتاج في دورانه. ويتولد تيار إشعال لمرتين خلال كل دورة كاملة من دورات عضو الإنتاج 360°. وعلى ذلك فإن قطعة الموزع الدوارة - في المحرك رباعي الأسطوانات - تدور نصف عدد الدورات التي يدورها عضو الإنتاج. ولما كانت اللفائف تندفع إلى الخارج بفعل القوى الطاردة المركزية الناشئة عن دوران عضو الإنتاج، فإن المغنيط أصبح يصنع حاليا من مغنطيس دائم دوار ولفات ثابتة. ويمكن تركيب قارنات لدفع الشرر، تصبح مؤثرة عند لحظة الإشعال، لتحسين قدرة الإشعال عند سرعات الدوران المنخفضة.

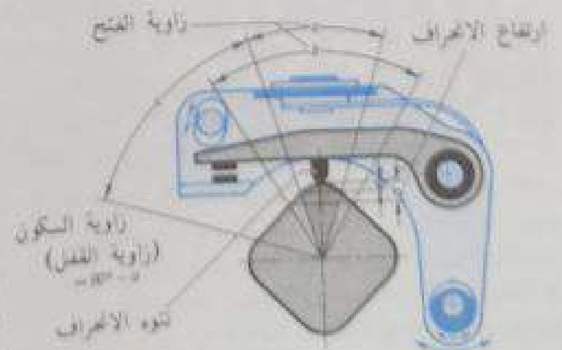
وفي حين تتم التغذية بالتيار الابتدائي في أجهزة الإشعال بالبطارية عن طريق مفتاح الإشعال، فإن المغنيط يقوم بتوليد هذا التيار بنفسه. ولهذا السبب يوضع مفتاح إشعال في دائرة التيار الابتدائية يقوم بقصر هذه الدائرة، لكي يمكن إيقاف تشغيل المحرك.

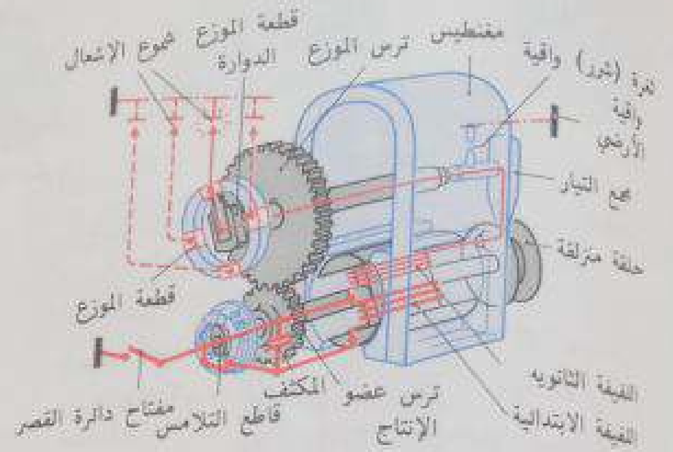


٢٩٦ - ٢، ٢٩٦ - ٣ خلوص التلامس وقيم زوايا قاطع التلامس: تستغرق دورة واحدة لقاطع التلامس - في المحرك رباعي الأسطوانات - 90° (البعد بين إشعالين):

$$\frac{360^\circ \text{ (دورة كاملة لعمود الموزع)}}{4} = 90^\circ$$

وإذا طرحنا من هذا المقدار زاوية الفتح التي يحددها خلوص التلامس لحصلنا على زاوية السكون (القفل) والتي تبلغ حوالي 60°. وتقل زاوية السكون (القفل) مع ازدياد عدد الأسطوانات. ففي المحرك سداسي الأسطوانات، يتاح لزاويتي الفتح والسكون 60° فقط. ومن ثم يقل زمن تكوين خطوط المجال دائما، وتقل بالتالي شدته وتضعف شرارة الإشعال. والعلاج هذا العيب تصنع قواطع لدائرة تيار منفصلة تعمل بلفتين للإشعال وقواطع تلامس منفصلة، أو تستخدم موزعات قواطع تلامس ذات ذراعين.





٢٩٧ - ١ التركيب الأساسي لجهاز المغنيط ذي عضو الإنتاج الدوار لمحرك رباعي الأسطوانات



٢٩٧ - ٢ وضع عضو الإنتاج في مغنيط الإشعال قبيل وبعد لحظة الإشعال بقليل.

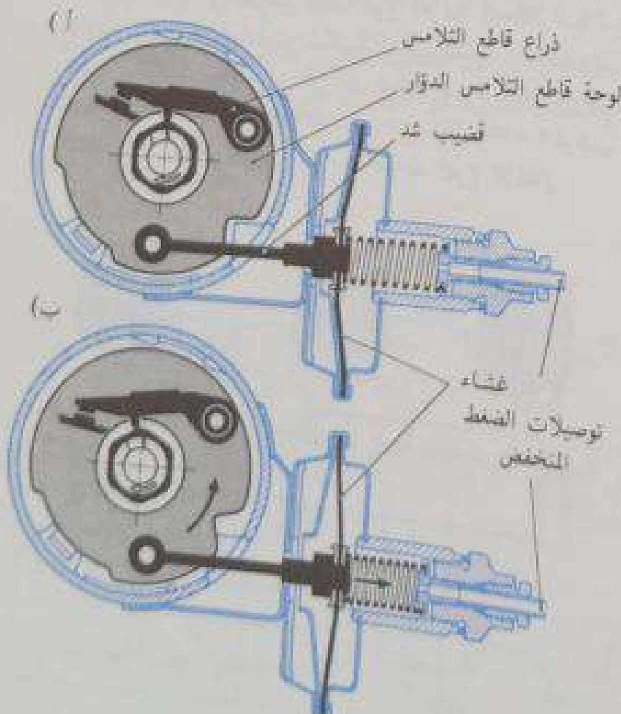
وقد يرتفع الجهد بدرجة كبيرة تؤدي إلى انهيار عزل عضو الإنتاج، عند دوران جهاز الإشعال بسرعات كبيرة جداً، أو عند تعطل أحد كبلات الإشعال. لذلك تركب في دائرة التيار الثانوي ثغرة شرارة واقية، حتى يمكن عندها معادلة الجهد مع الاتصال الأرضي عند التحميل الزائد.

٢ - ٦ - ٥ ضبط توقيت الإشعال

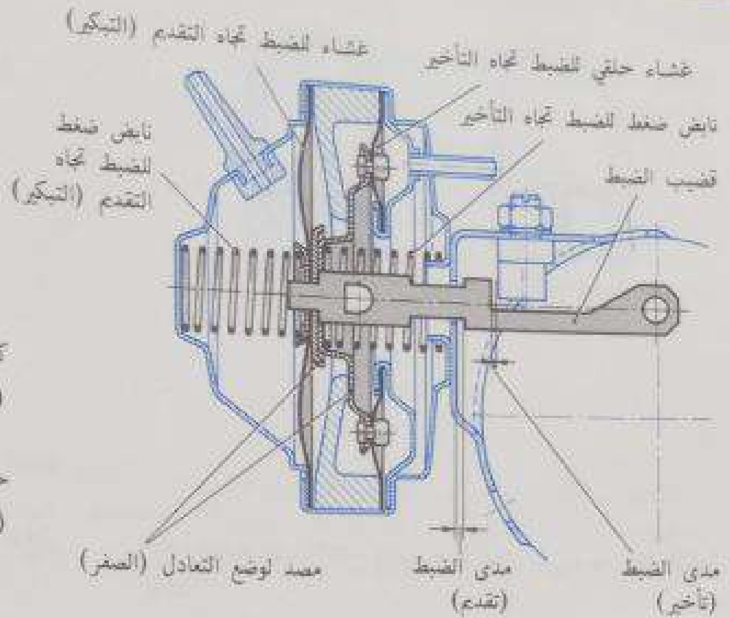
يجب أن تُحدث شرارة الإشعال تأثيرها عند وضع معين للكباس، لكي تشعل خليط الوقود والهواء. ويعطى توقيت الإشعال من قبل الشركة المنتجة للمحرك، إما بالمليمتر من طول شوط الكباس أو بالدرجة من زاوية المرفق، مقاسة من النقطة الميتة العليا. ويجب تقدم توقيت الإشعال عند سرعات الدوران العالية للمحرك (قارن بصفحة ٦٨). ويتم ضبط توقيت الإشعال تلقائيا بواسطة منظم يعمل بالطرد المركزي، مركب في موزع الإشعال أو في المغنيط (جهاز الإشعال المغنطيسي). أما في الإشعال بالبطارية فيضبط توقيت الإشعال بواسطة منظم الضغط المنخفض (التفريغ) المركب أيضا في موزع الإشعال، بالاشتراك مع منظم يعمل بالطرد المركزي.



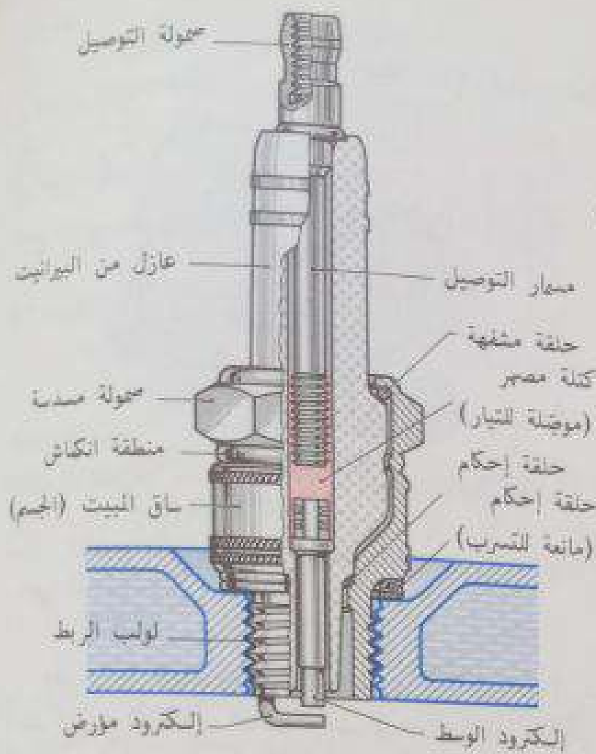
٢٩٩ - ٣ طريقة عمل منظم توقيت الإشعال بالطرد المركزي: يقوم المنظم - الذي يعمل بالطرد المركزي - بتقديم توقيت الإشعال عند زيادة سرعة دوران المحرك. والوضع في الشكل (أ) هو وضع السكون. وفي الشكل (ب) يمكن ملاحظة وضع الأوزان التي تعمل بالطرد المركزي عند سرعات الدوران العالية للمحرك، إذ تضغط الأوزان نحو الخارج وتزيح معها لوحة قاطع التلامس.



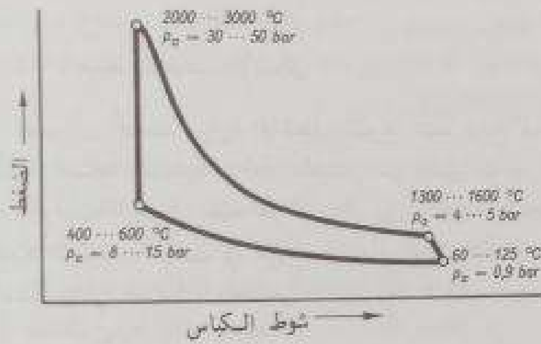
٢٩٩ - ٤ طريقة عمل منظم التوقيت بالضغط المنخفض. بواسطة منظم الضغط المنخفض، يحدث إشعال مبكر (متقدم) إضافي في مدى الحمل الجزئي. ويتحكم المنظم في لوحة قاطع التلامس الدوار، بمساعدة غشاء متصل بأنبوب السحب في المكربن بواسطة توصيلات الضغط المنخفض. أ) الغشاء في وضع السكون. ب) يُشد الغشاء عند تحميل المحرك.



٢٩٨ - ١ علبة مفرغة (ضغط منخفض) مزدوجة التأثير لموزع الإشعال.
تستخدم علبة مفرغة مزدوجة التأثير لنوع جديد من موزع الإشعال، حيث يتصل الغشاء المعتاد مع لوحة قاطع التلامس بواسطة قضيب الضبط. ويتصل غشاء حلقي بأنبوب السحب بالمكربن بواسطة خرطوم، ويعمل هذا الغشاء على تغيير وضع التعادل (الصفر) لقضيب الضبط، ويؤخر الإشعال عند سرعة اللاحمل، أو في حالة تدحرج المركبة. وبهذه الطريقة يمكن تقليل نسبة المواد الضارة في غازات العادم.



٢٩٨ - ٣ تركيب شمعة إشعال ذات شفة.



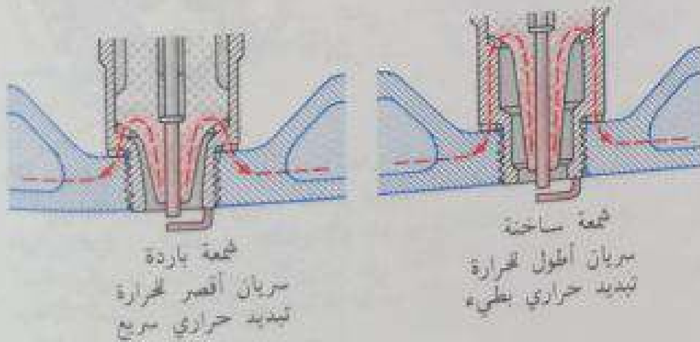
٢٩٨ - ٢ المنحنى البياني للمحرك وإجهادات شمعة الإشعال. ويبين منحنى المحرك درجات حرارة الشمعة وضغوط التشغيل.

٧ - ٦ - ٦ شمعة الإشعال

وظيفة شمعة الإشعال هي توصيل تيار الإشعال ذي الجهد العالي إلى غرفة الاحتراق في أسطوانة المحرك بطريقة معزولة، وهناك تقفز الشرارة بين الإلكترودين محدثة إشعال خليط الوقود والهواء، وتخضع شمعة الإشعال في عملها - بالنسبة للإجهادات الكهربائية والميكانيكية والكيميائية والحرارية - لشروط تشغيل قاسية (شكل ٢٩٨ - ٢)، إذ يقتضي تمدد أجزاء شموع الإشعال الناتج عن التسخين متطلبات عالية في خواص مواد العزل الخزفية وإحكام منع تسرب الغازات من شمعة الإشعال. كما يجب أن تكون الأجسام العازلة ذات مقاومة عالية للإجهادات الميكانيكية ضد الضغط، والصدمات والطرقات، وذات موصلية حرارية جيدة وقدرة عزل كهربائية عالية. وتتعرض الإلكترودات في المحركات ثنائية الشوط مثلاً للإجهاد الناتج عن انطلاق الشرارة سبعين مرة في الثانية الواحدة، عندما يدور المحرك بسرعة قدرها 4200 r.p.m.. ويوضح شكل ٢٩٨ - ٣ تركيب شمعة الإشعال. ويتوقف شكل الإلكترودات وطول قاعدة شمعة الإشعال وكذلك نوع تسنين اللولب على مقاسات شموع الإشعال.



٢٩٨ - ٤ أشكال الإلكترودات



٢٩٨ - ٥ قاعدة شمعة الإشعال والميزان الحراري. وترمز القيمة الحرارية لشمعة الإشعال إلى أدائها الحراري بالنسبة إلى القيمة الإسنادية التي تحدد الزمن، الذي تحدث بعده إشعالات بالتوهج تحت ظروف معينة في محرك الاختبار. كلما زادت القيمة الحرارية لشمعة الإشعال زادت قدرتها على تحمل الأحمال الحرارية دون أن يؤدي ذلك إلى إشعالات بالتوهج.







٢٩٩ - ١ شكل وجه عدد من شموع الإشعال. تقع درجة حرارة التنظيف الذاتي لشمعة الإشعال عند حوالي 500°C. وتكون درجة الحرارة هذه ضرورية لتنظيف أجزاء شمعة الإشعال البارزة إلى داخل غرفة الاحتراق من رواسب السناج والكربون الزيتي (الزيت المحترق). أما درجة حرارة التوهج فتقع عند 850°C. وتحدد درجتا الحرارة هاتان مجال التشغيل لشمعة الإشعال، الذي يعطى بواسطة القيمة الحرارية. وتختار شموع الإشعال ذات القيمة الحرارية التالية في الارتفاع، عند سلامة حالة المحرك من ناحية الإشعال التوهج. أما عند تلوث شمعة الإشعال فتختار القيمة الحرارية المنخفضة التالية.

أشكال الإلكترودات (شكل ٢٩٨ - ٤): تعطي الإلكترودات الجانبية أداء جيدا أثناء سرعة اللاحمل، كما تعطي تسارعا جيدا. أما الإلكترودات الجبهية فيكون تلفها ضئيل نتيجة الإشعال، وبالتالي يصبح عمرها أطول. ويتأثر الميزان الحراري لعوازل شموع الإشعال تأثرا جوهريا بتصميم قواعدها (شكل ٢٩٨ - ٥). وللإلكترودات الجانبية الحلقية مقدرة جيدة على تبديد الحرارة. وهي تستخدم في المحركات ثنائية الشوط. ويتطلب التنظيف الذاتي لشموع الإشعال درجة حرارة تشغيل معينة، إذ إن تلوث شموع الإشعال قد يضر بقيمتها الحرارية ومن ثم يؤدي إلى حدوث الإشعال بالتوهج.

ويعتبر مظهر شموع الإشعال المستخدمة (شكل ٢٩٩ - ١) دليلا على حالة المحرك، وطريقة السير، ومادة الوقود.

٧-٦-٧ نظم الإشعال الإلكترونية

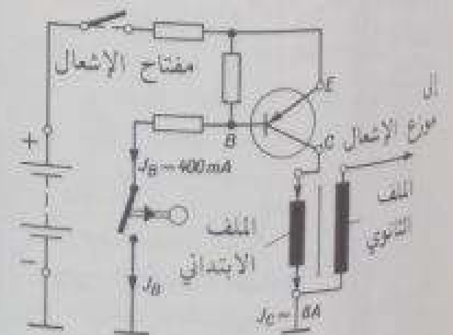
تحد كل من قدرة التوصيل الكهربائية والميكانيكية من جهد الإشعال وطاقة الإشعال في أجهزة الإشعال ذات الملفات التقليدية. وتستلزم المحركات الحديثة سريعة الدوران متطلبات معينة في الإشعال بالبطارية لا يمكن أن يحققها قاطع التلامس. لذا فقد حلت عناصر تركيب (تبانط) أشباه الموصلات الإلكترونية محل قاطع التلامس الميكانيكي في أجهزة الإشعال هذه. ولعناصر التركيب (التبانط) عدة مميزات هي:

- جهد إشعال أعلى، حتى عند أقصى سرعة دوران للمحرك.
- عمر أطول، حيث لا يوجد أي احتراق للملامسات (نقاط التلامس).
- ذات مفتاح إلكتروني خالي من التعويق الذاتي ولا يحتاج إلى صيانة.
- أعطال إشعال أقل في ظروف السير الصعبة (التشغيل في فصل الشتاء، والتشغيل عند ازدحام الطريق السريع ... إلخ).

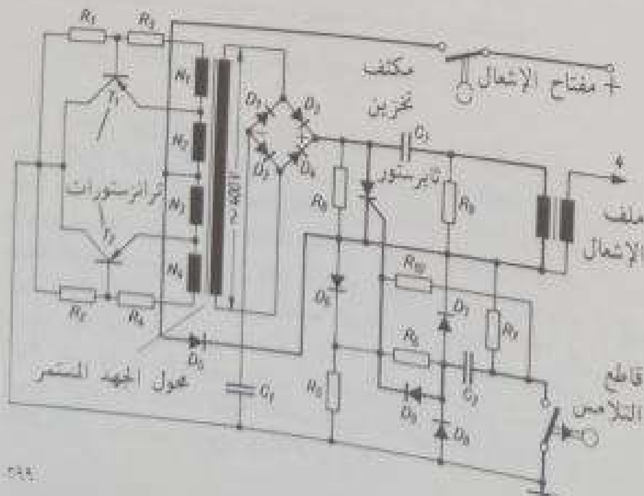
ويمكن التفريق بين مجموعتين من أجهزة الإشعال الإلكترونية:

- الإشعال الترانزستوري بالملف (شكل ٢٩٩ - ٢) المتحكم فيه بنقاط تلامس (ميكانيكيا) أو بدون نقاط تلامس (تحكم إلكتروني كامل).
- الإشعال بالثايرستور أو بالمكثف عالي الجهد (شكل ٢٩٩ - ٣)، الذي يتم فيه التحكم بنقاط التلامس أو بدونها.

ففي الإشعال الترانزستوري بالملف، المتحكم فيه بنقاط التلامس، يتم التحكم في تيارات ابتدائية - تبلغ ضعف تلك التي في ملفات الإشعال ذات القدرة العالية - بواسطة تيارات تحكم ضعيفة، تؤدي إلى منع انطلاق الشرارة على نقاط تلامس قاطع التلامس ومن ثم تمنع احتراقها، وتنشأ جهود إشعال تبلغ حوالي 25 000 V (فولط).



٢٩٩ - ٢ رسم توضيحي مبسط للإشعال الترانزستوري بالملف. مسار تياري القاعدة والمجمع.



٢٩٩ - ٣ الإشعال بالثايرستور

أشباه الموصلات ذات أربعة ...

أما في الإشعال بالثايرستور (الثايرستورات هي عناصر تركيب من أشباه الموصلات) ، بمساعدة ترانزستورات ، وتخزن طاقة الإشعال في مكثف ، وتنقل فوق بعضها) ، فيتم تحويل الجهد الابتدائي إلى حوالي 400 V (فولط) لانطلاق الشرارة . ويرتفع الجهد العالي بسرعة تبلغ نحو عشر إلى دائرة التيار الثانوية عند اللحظة المحددة لتتحول إلى جهد عال يلزم شرارة في الدقيقة بصفة مستمرة (عدد الشرارات المشتركة) أمثال سرعة ارتفاعه في نظام الإشعال بالملف . ويمكن الحصول على 40 000 شرارة في الدقيقة بصفة مستمرة (عدد الشرارات المشتركة) وبسهولة .

ونتيجة للارتفاع السريع للجهد ، يكون الإشعال بالثايرستور غير حساس للتسربات الكهربائية (مثل احتراق شموع الإشعال نتيجة لتراكم الرواسب - المحتوية على الرصاص - على قاعدة العازل) .

٧ - ٦ - ٨ صيانة أجهزة الإشعال

لا يحتاج ملف الإشعال إلى صيانة خاصة . أما غطاء الموزع ودوّار الموزع فيجب فحصهما وتنظيفهما عند التفتيش ، كما يجب تغيير قاطع التلامس وشموع الإشعال. قاطع التلامس عند إجراء العمرة الرئيسية أو عند الاستهلاك الشديد . ويجب مراجعة عرض ثغرة كل من قاطع التلامس وشموع الإشعال . ويبلغ عمر شموع الإشعال في المحركات رباعية الأشواط مسافة سير تتراوح بين 12 000 km و 15 000 km ، وفي المحركات ثنائية الشوط 8.000 km . وإذا تبين وجود تلوث شديد في شموع الإشعال فيمكن استبدالها مؤقتا بأخرى ذات قيمة حرارية منخفضة . ويجب في كل الأحوال تحديد أسباب التلوث وإزالتها . بعد ذلك يعاد استخدام شموع الإشعال المقررة . ويجب فحص الثغرة بين الإلكترودات (أقطاب الشموع) بانتظام ، وهي تبلغ في الإشعال بالبطارية من 0,7 mm إلى 0,8 mm ، وفي الإشعال بالمغنيط من 0,4 mm إلى 0,5 mm .

وعند الكشف على ضبط الإشعال ، تفحص زاوية السكون (القفل) بمقياس زاوية السكون (القفل) ويضبط قاطع التلامس على خلوص التلامس وزمن الفتح الصحيحين . ومن أضرار تيار التسرب السطحي الناشئ عن تشققات عازل كبل الجهد العالي في المركبات القديمة ، إضعاف تيار الإشعال . ويمكن كذلك أن تتفكك وصلة مقبس (ماسك) الكبل إذا كان قصيرا ، نتيجة لاهتزاز المركبة . لذلك يجب فحص جميع وصلات الكبل من ناحية سلامة مسكها . وتضعف مغنطيسية المغنطيس الدائم في المغنيط مع مرور الزمن ، تبعا لنوعية فولاذ المغنطيس ، مما يؤدي إلى ضعف تيار الإشعال . حينئذ يجب إعادة مغنطة مثل هذه المغنطيسات .

٧ - ٦ - ٩ أجهزة التوهج الابتدائي

عند بدء إدارة محرك ديزل بارد ذي غرف انضغاط مقسمة إلى أجزاء ، غالبا ما لا تصل درجة حرارة الوقود المحقون في الأسطوانات إلى درجة الحرارة اللازمة للإشعال ، بسبب التسرب الشديد للحرارة عن طريق الجدران الباردة للأسطوانات أو لعدم إحكام الكبابات والصمامات . وعلاوة على ذلك فإن الهواء المتدفق في غرف الاحتراق الأولية والغرف الدوامية بصفة خاصة يبرد بسبب الاختناقات أو الدوامات التي يمر بها . ويمكن التغلب على ذلك بواسطة أجهزة التوهج الابتدائي المشغلة بالكهرباء ، حيث تقرب أسلاك أو قضبان متوهجة - بالتسخين بواسطة تيار كهربائي - من شعاع الوقود المنبثق من مفتته فتشتعل جزيئات الوقود عند أسطح الأسلاك المتوهجة .

W 145 (R) T 7

الطراز الرئيسي

القيمة الحرارية

المقاومة (R)

طراز فرعي

العدد المميز للتصميم

٢٠٠ - ١ رموز اصطلاحية لتمييز شموع الإشعال ماركة بوش

٢٠٠ - ٢ أنواع شموع التوهج يوجد لكل من النوعين (شموع التوهج القضيبية وشموع التوهج السلكية) تصميم مفرد القطب وآخر ثنائي القطب . يبلغ جهد تشغيل شمعة التوهج (القضيبية) مفردة القطب 10,5V ، والتيار المسحوب 10A . وتعتبر هذه الشمعة محافظة على حالة البطارية بسبب ضآلة التيار المسحوب ، إلا أن زمن التسخين يستغرق حوالي دقيقة . أما شمعة التوهج (القضيبية) ثنائية القطب فيبلغ جهد تشغيلها 1,3V أو 1,7V ، عند تيار مسحوب قدره من A 50 إلى 55 A . وتستخدم شموع التوهج السلكية مفردة القطب دون استثناء تقريبا في أجهزة التسخين . وتوجد شموع توهج سلكية ثنائية القطب لجهود التشغيل 1,7V أو 1,2V أو 0,9V وتيار مسحوب يتراوح بين 37 A و 55 A .

صمولة التوصيل مع نابض إحكام مثبت بها لولب ربط ملائم للمحرك

القطب الداخلي لشمعة التوهج

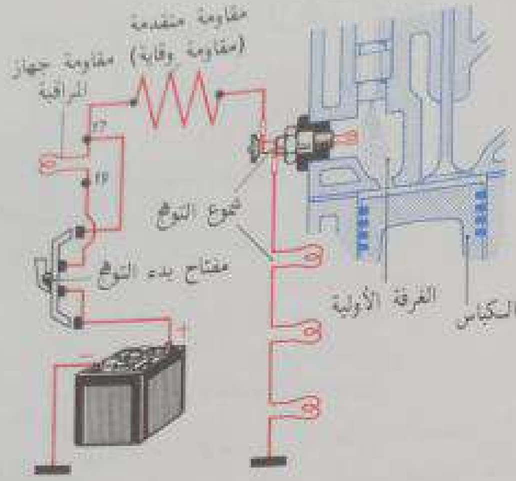
جسم شمعة التوهج بساق الدخول غير الموصل للتيار

سدادة إحكام تمنع تسرب الغازات تماما

ملف تسخين معزول وموضوع في قضيب التسخين

القطب الخارجي معزول ومحمل في ساق الدخول

سلك التوهج وقضيب التوهج مصنوعان من مادة مقاومة للكسر والصدأ



والتي تتراوح درجة حرارتها من 900°C إلى 1000°C. وقبل بدء إدارة المحرك تسخن شموع التوهج (شكل ٣٠٠ - ٢) تسخينا ابتدائيا لمدة 40 إلى 60 (ثانية)، إلى أن تصل درجة الحرارة إلى حوالي 1000°C. وتبدأ إدارة المحرك بينما لا تزال شموع التوهج موصلة. وعندما ينتظم الإشعال بالمحرك، يعاد مفتاح بدء تشغيل التوهج إلى وضع الصفر، وتفصل بذلك دائرة تسخين شموع التوهج. ويجب أن تكون شموع التوهج مرتبة، بحيث تقع عناصر التوهج في وضع مناسب من شعاع الوقود المنبثق (شكل ٣٠١ - ١)، حتى يصبح التهاب جزيئات الوقود ممكنا. وإذا وضع السلك المتوهج في مسار الشعاع المنبثق، فإنه يحترق. ويستخدم مبين توهج على لوحة أجهزة البيان لمراقبة التوهج الابتدائي فإذا تعطلت شمعة واحدة فقط من شموع التوهج الموصلة على التوالي، فإنه لايمر أي تيار ولا يتوهج المبين.

وتوصل مقاومة وقاية على التوالي لكي لاتتعرض شموع التوهج إلى جهد زائد الارتفاع.

وتستخدم شفة تسخين لبدء التشغيل، كمساعد لبدء تشغيل محركات الديزل الخالية من شموع التوهج. وتركب هذه الشفة بين مرشح الهواء وأنبوب السحب، أو بين أنبوب السحب ورأس الأسطوانات، بحيث يمر الهواء المسحوب على لقيفة تسخينه. وتصل درجة حرارة لقيفة التسخين من 900°C إلى 1100°C، وتسبب تسخينا أوليا لهواء الاحتراق. وتصنع شفة تسخين بدء التشغيل غالبا إما مفردة أو مزدوجة القطب، وللتشغيل على جهد مقداره 12 V وبقدرة 360 W. ويمكن استخدامها أيضا مع شموع توهج. وفي هذه الحالة تعمل شفة التسخين كمقاومة واقية لشموع التوهج في نفس الوقت.

الملخص:

- يتم احتراق خليط الوقود والهواء في أغلب محركات أوتو داخل أسطوانات المحرك بواسطة شرارات كهربائية ذات جهد عال تتولد عند إلكترودي شمعة الإشعال.
- لتوليد شرارة الإشعال وتوزيعها على شموع الإشعال المختلفة بالتتابع الصحيح، يستخدم نظام الإشعال بالبطارية أو نظام الاشعال بمغنيط (جهاز إشعال مغنطيسي) الذي أصبح نادرا ما يستخدم حاليا.
- يتم ضبط تلقائي للإشعال بواسطة قواطع التلامس وذلك بتقديم لحظة الإشعال عند تزايد سرعة دوران المحرك، مما يؤدي إلى توفير الوقت اللازم لإتمام الاحتراق

أسئلة:

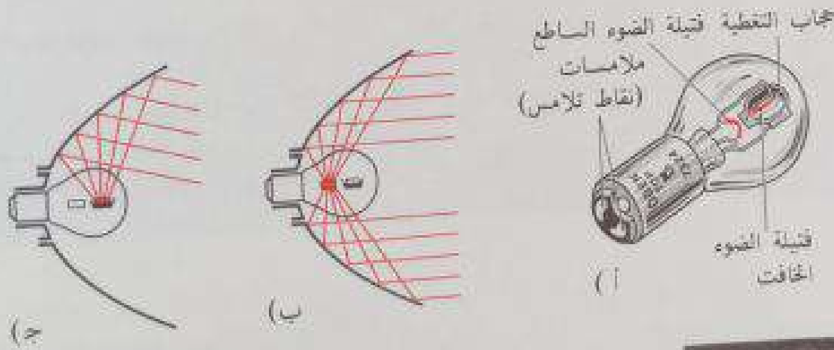
١- صف تركيب دورة الإشعال بالبطارية.
٢- كيف ينشأ تيار الإشعال في المغنيط (جهاز الإشعال المغنطيسي)؟
٣- ماهي مزايا وعيوب كل من نظامي الإشعال بالبطارية والإشعال بالمغنيط؟
٤- ماهو معنى التيار الابتدائي، والتيار الثانوي، وتيار الحث، وتيار الإشعال؟
٥- محرك مركبة رباعي الأشواط يعمل بنظام الإشعال بالبطارية، لايبدأ في الدوران رغم تشغيله. أين يكمن العطل؟
٦- إشرح تركيب وطريقة عمل قاطع التلامس في نظام الإشعال بالبطارية.
٧- لماذا يجب تقديم لحظة الإشعال عند الدوران السريع للمحرك؟
٨- ماهي وظيفة المكثف، الذي يتم توصيله في الدائرة الكهربائية؟
٩- عين نسب سرعة الدوران بين عضو الإنتاج والموزع لمغنيط، في المحركات رباعية الأشواط التي تحتوي على أسطوانتين، أو أربع أسطوانات أو ست أسطوانات
١٠- إشرح ما تعرفه عن درجة حرارة التنظيف الذاتي لشمعة الإشعال.

٧ - ٧ الإضاءة في المركبة الآلية

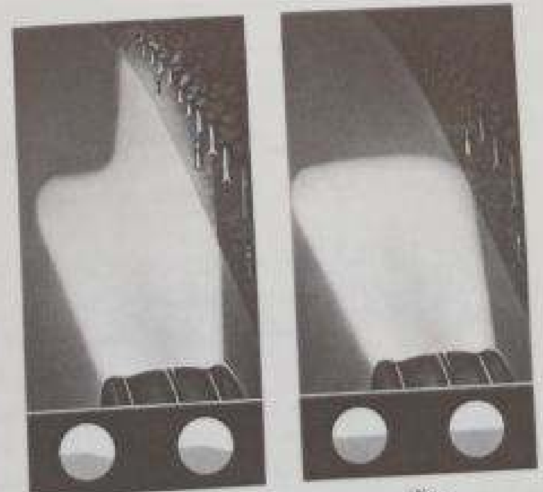
يتطلب أمن وسلامة حركة المرور إضاءة كافية للمركبات والطرق، حتى يتسنى إدراك العوائق في الوقت المناسب. وعند استعمال الإضاءة لايجوز بهر المركبات الآتية من الاتجاه المضاد أو تلك التي تقوم بعملية تخطي. ويجب أن تبدو العوائق مجسمة بقدر الإمكان لتمكين العين من التقدير الصحيح للمسافات.

٧ - ٧ - ١ المصابيح الأمامية (الفوانيس)

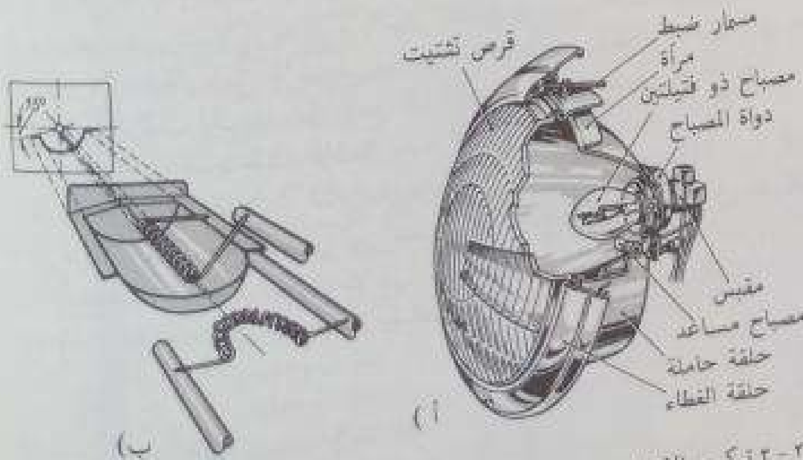
لايكفي رفع شدة الإضاءة رفعا اختياريا لتحقيق الواجبات السابق ذكرها، بل يجب تصميم المصابيح بحيث ترسل حزمة الأشعة في اتجاه معين. ويمكن الحصول على هذه الحزمة الضوئية بواسطة مرآة مقعرة بشكل قطع مكافئ مع استخدام قرص تشتيت (توزيع) للضوء في نفس الوقت، وبوضع منبع ضوئي في بؤرة المرآة المقعرة بشكل قطع مكافئ، تخرج جميع أشعة هذا المنبع متوازية من المرآة (شكل ٣٠٢-١ ب). وبذا نحصل على الضوء الساطع الذي يجب أن يضيء إضاءة جيدة لمسافة 100 m؛ طبقا لتعليمات المرور. وبوضع مصدر ضوئي أمام بؤرة المرآة وتغطية فتائل الإضاءة من الجانب السفلي، فإن الضوء يوجه من الجزء العلوي للمرآة إلى الطريق بزاوية معينة (شكل ٣٠٢-١ جـ). ويحدد بعد المنبع الضوئي عن البؤرة مدى الأشعة الضوئية الساقطة على الطريق. ويستخدم مصباح بيلوكس ثنائي الفتيلة (شكل ٣٠٢-١ أ) كمنبع ضوئي للضوء الساطع والخافت. وطبقا للتعليمات الرسمية يكون للضوء الخافت المتماثل حدود أفقية واضحة بين المضيء والمعتم، في هذه الحالة يكون توزيع الضوء على الطريق متماثلا (شكل ٣٠٢ - ٢). وطبقا للتعليمات أيضا يكون للضوء الخافت غير المتماثل السائد في أوروبا إنحناء مميز في الحدود بين المضيء والمعتم. ويكون الجزء الساقط من الحزمة الضوئية على الجانب الأيمن من الطريق كافيا إلى مسافة أكبر، كما أنه يضيء هذا الجانب إضاءة أفضل. بينما يضاء الجانب الأيسر من الطريق كما يحدث في حالة الضوء الخافت المتماثل، وبذلك يمنع أي تأثير مبهر، ويتم الحصول على الانحناء في الحدود بين المضيء والمعتم عن طريق وضع غطاء فتيلة التوهج بصورة مائلة وكذلك عن طريق تصميم خاص لقرص تشتيت الضوء (شكل ٣٠٢ - ٣). وتتضمن الدواة قرصية الشكل - المثبتة بإحكام مع المصباح والموجودة في عنق المرآة العاكسة - الضبط الدقيق للمصباح المتوهج. وعلاوة على مصباح البيلوكس يوضع أيضا مصباح صغير في المرآة المقعرة بشكل قطع مكافئ للإضاءة أثناء الوقوف. ويقع هذا المصباح تحت محور المرآة، وتكفي قدرته البالغة 5W (واط) لتمييز المركبة الواقفة. وهو يضيء بصفة مستمرة مع الضوء الساطع أو الخافت حتى يمكن التعرف على حدود عرض المركبة في حالة انطفاء هذين الضوءين أي عند تعطلهما.



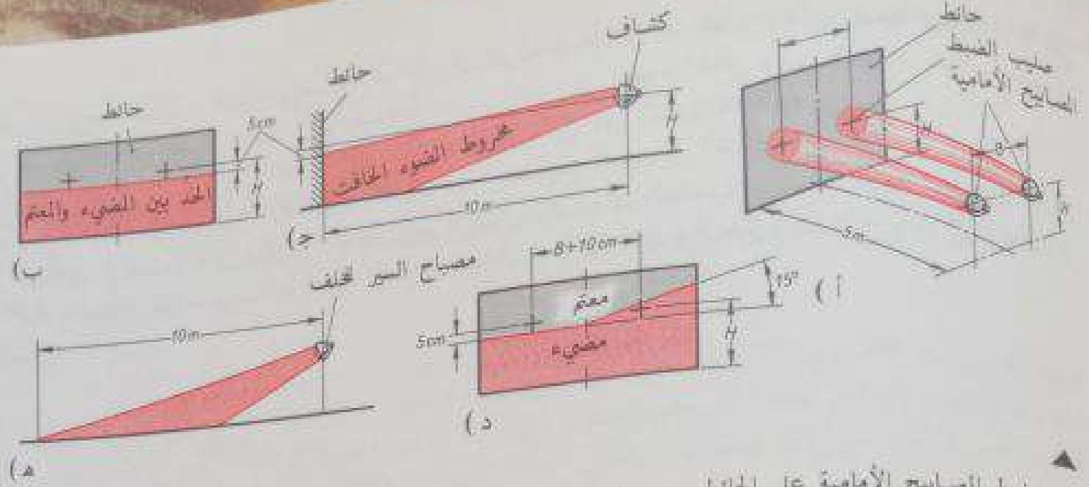
٣٠٢ - ١ مسار أشعة مصباح بيلوكس ثنائي الفتيلة



٣٠٢ - ٢ الضوء الخافت المتماثل وغير المتماثل.



٣٠٢ - ٣ تركيب الإضاءة غير المتماثلة والمصابيح.



٣٠٣ – ١ ضبط المصابيح الأمامية على الحائط. ◀



٣٠٣ – ٢ جهاز لضبط المصابيح الأمامية. يوفر هذا الجهاز الضبط والجهد المبذولين في طريقة صليبي الضبط على حائط الورشة. المميزات: دقة عالية وسهولة في الاستعمال وتوفير في المكان. ◀

٧ – ٧ – ٢ ضبط المصابيح الأمامية

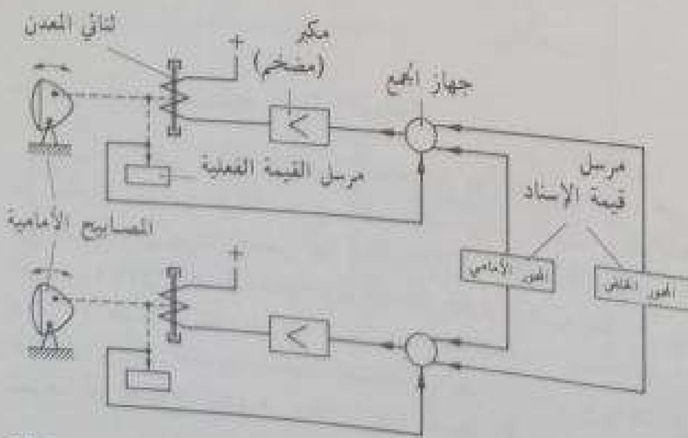
تنفيذا لتعليمات المرور يجب الاهتمام بضبط الضوء الساطع (بعيد المدى) والخافت (غير المبهر) في المركبة. وتتلخص طريقة الضبط – التي مازالت كثيرة الاستخدام – بأن توضع المركبة بحمولتها المعتادة على أرض أفقية على بعد خمسة أمتار من حائط. ويرسم على الحائط صليبان على ارتفاع منتصف المصباحين الأماميين، وتختار المسافة بين الصليبين على أن تكون مساوية للبعد بين المصباحين الأماميين مضافا إليه 10 cm (شكل ٣٠٣ – ١ أ). وفي حالة ماإذا كان المصباحان الأماميان مضبوطين، يجب أن ينطبق صليبا الضبط مع منتصف الضوء الساطع. ويضبط الضوء الخافت كما في شكل (٣٠٣ – ١ ب، حتى د). أما مصابيح السير إلى الخلف فيجب أن تقابل أشعتها سطح الأرض على بعد عشرة أمتار (شكل ٣٠٣ – ١هـ). ويتم أي تعديل ضروري للضبط بواسطة مسامير التصحيح (الضبط) الملولبة الموجودة في المصابيح المختلفة. ويجرى الاختبار في حجرة يكون حائط الاختبار بها غير مضاء إضاءة تامة بضوء النهار.

وقد طورت أجهزة ضبط المصابيح (شكل ٣٠٣ – ٢)، وبواسطتها يمكن أن يختبر ويضبط كل مصباح على حدة. وعلاوة على ذلك فإنه يمكن بواسطة الدايود الضوئي – في مقياس شدة الإضاءة – تعيين شدة الإضاءة لحزمة الضوئية المنبعثة الموجودة عند منتصف المصابيح. واللوكس (الرمز المختصر lx) هو وحدة شدة الإضاءة، وهو خارج قسمة التدفق الضوئي الساقط على مقدار المساحة المضاءة.

ويتيح تنظيم مدى الإضاءة للمصابيح الأمامية الاستفادة التامة من مدى الإضاءة المسموح به للضوء الخافت عند كل تحميل. فمن المعلوم أنه كلما كان نابض تحميل المركبة أكثر ليونة، وكلما زاد الفرق في تغير الحمل بين المحور الأمامي والمحور الخلفي، اشتد تغير مدى الإضاءة. ويعمل منظم مدى الإضاءة، المطور في شركة بوش، على أساس إلكتروني (شكل ٣٠٣ – ٣) ويمكن بواسطته معادلة أي انحراف في ضبط المصابيح لأمامية على الفور.

٧ – ٧ – ٣ مصابيح الإضاءة الأخرى في التجهيز العادي.

- لايجوز أن تعلو مصابيح الضباب عن المصابيح العادية، وتضاء هذه المصابيح فقط عند وجود ضباب أو عند تساقط الثلوج مضافة إلى الضوء الخافت.



٣٠٣ – ٣ طريقة عمل منظم مدى الإضاءة الإلكتروني. تثبت وسيلة أو وسيلتا ضبط (مرسل إشارة إسنادية) عند كل من المحورين الأمامي والخلفي، لتحديد وضع جسم المركبة بالنسبة للمحاور. وتجمع إشارتا الوضع الأولي لمرسلي الضبط داخل جهاز جمع إلكتروني. وتوصل هذه الإشارة المجموعة بعد التكبير إلى عناصر ضبط المصابيح الأمامية التي تقوم بمهمة ضبط المصابيح الأمامية. وتزود المكبرات بمبينات وضع ذات إشارات مرتدة، ترسل إشارات عن وضع كل من المصابيح المختلفة إلى جهاز الجمع لتدقيقها وضبطها، ويستمر الضبط حتى تتساوى قيمة الإسناد مع القيمة الفعلية.

- تنص التعليمات على ضرورة وجود إضاءة [illegible] (وحدة إضاءة ذات ثلاثة أقسام) . ويتم التمييز بين الضوء الخلفي [illegible] باستخدام الضوئين أيضا منها في مصباح مشترك (باستخدام مصباح متوهج ذي فتيلتين 5/20 W) . الأحمر والأصفر، أو باستخدام ضوء ذي شدتين مختلفتين (فوانيس) المنعطفات ومصابيح السير إلى الخلف.
- يجوز استخدام مصابيح الاستكشاف ومصابيح (فوانيس) المنعطفات ومصابيح السير إلى الخلف.
- علاوة على ذلك تضم تجهيزات الإضاءة مايلي : إضاءة لوحة أجهزة البيان والإضاءة الداخلية وإضاءة خزانة مستندات المركبة، وحيز الحقائب وحيز المحرك ومصباح القراءة وإضاءة موطئ القدم وإضاءات مراقبة أجهزة التحكم، بمصابيح ذات ألوان مختلفة إلى جانب الإضاءات الإضافية الأخرى.

٧ – ٧ – ٤ القدرات اللازمة لتجهيزات الإضاءة

45 W (واط) لكل مصباح أمامي للضوء الساطع غير المتماثل.
40 W (واط) لكل مصباح أمامي للضوء الخافت غير المتماثل.
35 W (واط) لكل مصباح أمامي للضوء الساطع المتماثل والضوء الخافت المتماثل ولمصابيح (فوانيس) الضباب.
25 W (واط) لكل مصباح من مصابيح السير إلى الخلف.
18 W (واط) لكل مصباح للفرملة والمصباح الوماض.
10 W (واط) لكل مصباح للوحة رقم المركبة.
5 W (واط) لكل مصباح لإضاءة الوقوف والمصابيح الخلفية ومصباح السقف ومصابيح الانتظار.
2 W (واط) لكل مصباح من مصابيح الأجهزة.

الملخص :
- تلزم تعليمات المرور بتوافر ضوء كاف للمركبات وإضاءة كافية للطرق. وتتحقق هذه الشروط بصفة خاصة بواسطة المصابيح (الفوانيس) الحاوية على مصباح بيلوكس (مصباح مزدوج الفتيلة) للضوء الساطع والضوء الخافت. ويجب اختبار المصابيح الأمامية من حين لآخر لكي تكون في وضعها الصحيح دائما. ويسمح منظم مدى الإضاءة الحديث بضبط المصابيح الأمامية في وضعها الأمثل مع تغير الحمولة.

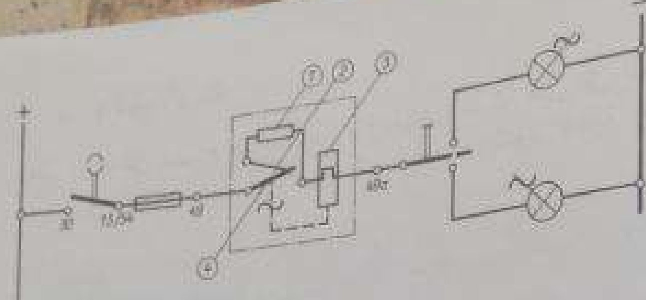
أسئلة :

١ – كيف يتم ضبط المصابيح الأمامية؟
٢ – ماهي تجهيزات الإضاءة المنصوص عليها، وما هي التجهيزات المسموح بها؟
٣ – وضح تركيب المصباح الأمامي.
٤ – كيف يمكن تحقيق عدم التماثل في الضوء الخافت؟
٥ – ماهي وظائف كل من المرآة المقعرة بشكل قطع مكافئ وقرص التشتيت؟

٧ – ٨ أجهزة الإشارة في المركبة

٧ – ٨ – ١ أجهزة الإشارة الضوئية الوماضة

يجب أن تكون المركبات ومقطوراتها مزودة بمؤشرات تبين اتجاه سيرها، كأجهزة الإشارة الضوئية الوماضة على الجانبين الطوليين أو على مقدمة ومؤخرة المركبة، والتي تعطي ضوءا برتقالي اللون. ويتم تشغيل مرسل الضوء الوماض بواسطة محرك ومضي، أو مرسل ومبض ترانزستوري، أو مرسل ومبض ذو سلك حراري. ويجب أن تومض المصابيح الوماضة حوالي 90 مرة كل دقيقة. ونظرا لأن المصباح الوماض لايكون غالبا في مجال رؤية السائق فيلزم تركيب مصباح مبين لإشارة الومض. عند بدء الإشعال يكون الطرف (49) (شكل ٣٠٥ – ١) متصلا بالبطارية عن طريق مفتاح الإشعال . وعند تشغيل مفتاح الضوء الوماض، يمر تيار خلال حافظة الضوء الوماض فالسلك الحراري فالمقاومة فلفيفة المغنطيس والطرف (49 a) إلى المصباح ومنها إلى الموصل الأرضي، وتكون مقاومة السلك الحراري كبيرة لدرجة أن المصباح لايضيء. وعندما تمدد السلك الحراري فإن النابض يسحب الخافظة في اتجاه قلب المغنطيس ويضيء المصباح ثم يبرد



السلك الحراري بعد ذلك ويبعد الحافظة ثانية عن المغنطيس. وتتكرر هذه العملية طالما كان مفتاح الضوء الوماض متصلا (مقفلا). ويعود مفتاح الضوء الوماض تلقائيا إلى وضع السكون ثانية عند الانتهاء من تغيير اتجاه السير. ويمكن أيضا وصل أجهزة الضوء الوماض بأجهزة تحذير وماضة للمركبات المتعطلة، وتعطي عندئذ إشارات ضوئية بتتابع أسرع.

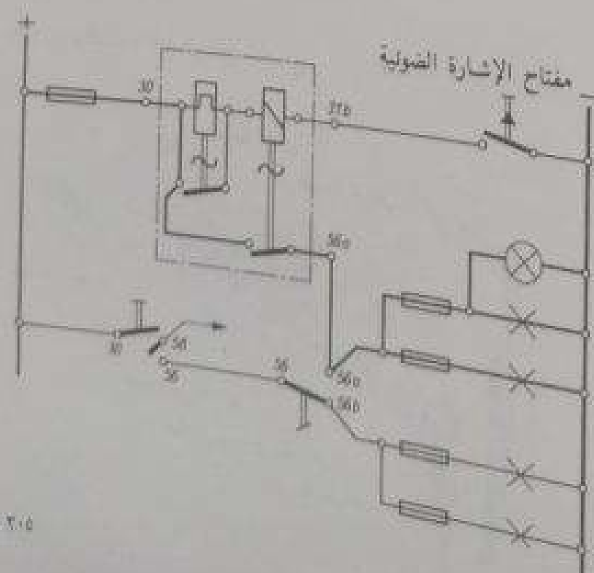
٢-٨-٢ البوق الكهربائي

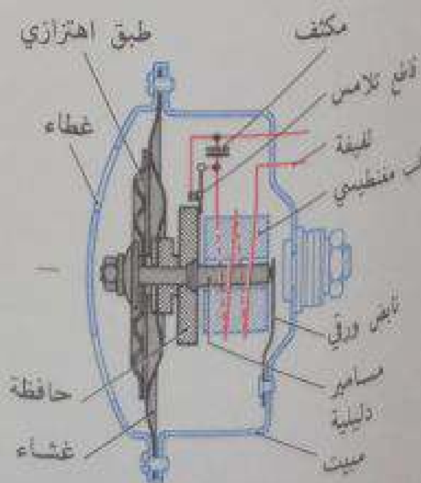
طبقا لتعليمات نظام المرور في الطرق، يجب أن يكون للمركبة بوق للتحذير بالصوت. ولايسمح بأن تتجاوز شدة صوت البوق عن 104 Phon، على بعد سبعة أمتار، وألا يسبب رعبا. (يعطى مستوى الجهارة بالفون، ورمزه المختصر Phon). ويسمح باستخدام البوق مرتفع الطنين خارج المدن والتجمعات السكنية.

طريقة أداء بوق التنبيه الصوتي (شكل ٣٠٥ – ٢) يتكون بوق التنبيه من نظام كهرومغنطيسي به قاطع تلامس يقطع التيار طبقا لمبدأ الإعاقة الطرقية عند جذب الحافظة بواسطة المغنطيس، حيث يصبح الملف بدون تيار، وتعود الحافظة إلى وضع السكون ثانية. وهكذا دواليك بواسطة هذا التبديل المستمر تتولد اهتزازات تقوم بهز غشاء متصل بالحافظة وتحدث صوتا. وعن طريق الإجهاد المستمر لنقاط التلامس والنوابض يحدث بلى كبير في نقاط التلامس وتظهر أعراض الكلال على النوابض، التي يمكن معادلتها بدون فك البوق، وذلك بواسطة مسمار ضبط موجود عند قاطع التلامس. وعند تعديل مسمار الضبط الموجود عند الغشاء يبقى وضع قاطع التلامس ثابتا بينما يتغير البعد بين سطح الحافظة والمغنطيس، ويتغير تبعا لذلك عدد الاهتزازات وارتفاع صوت بوق التنبيه.

٢-٨-٣ إشارات التنبيه الضوئية

طبقا لتعليمات نظام المرور في الطرق فإنه يجوز استخدام إشارات التنبيه الضوئية بومضات الضوء الساطع (العالي أو البعيد). ويقتصر عمل مرسل إشارات ومضات الضوء الساطع، على فترة زمنية وجيزة، وهو يتكون من مرسل نبضات كهروحراري ذي ملامس (نقاط تلامس) للضوء الوماض ونظام كهرومغنطيسي ذي ملامس (نقاط تلامس) للتوصيل بالضوء الساطع، ويعمل مرسل النبضات مثل المصباح الوماض ذي السلك الحراري (شكل ٣٠٥ – ١). ويتضح من دائرة توصيل إشارة التنبيه الضوئية أنه عند تشغيلها - بالضغط على المفتاح - يتم توصيل حافظة مغنطيس السلك الحراري أولا، ثم يقفل ملامس (نقاط تلامس) الضوء الساطع. ويضاء الضوء الساطع طالما كان مفتاح إشارة التنبيه الضوئية منضغطا. وتكون هذه الإضاءة في بعض أنواع المركبات متوافقة مع إيقاع عمل مرسل النبضات. وأثناء السير نهارا فأن الضوء الساطع يومض مع كل تشغيل للمفتاح، أما في الليل فأنه يومض فقط مع الضوء الخافت. ولقد ثبتت ملاءمة الومضات السريعة القصيرة كإشارة تنبيه حيث أنها تثير الانتباه.





٣٠٥ - ٣ خطة مسار التيار في إشارات التنبيه الضوئية

٧ - ٨ - ٤ ضوء الفرملة

يجب أن يعطي مصباح الفرملة إشارة في مؤخرة المركبة تدل على تشغيل القرامل، حتى يمكن السائق الآتي من الخلف من خفض سرعة مركبته في الوقت المناسب. وتضيء المصابيح عند تشغيل دعسة الفرملة. كما يمكن أيضا وصل مصباح الفرملة كمصباح تحذير.

الملخص:

- تخدم جميع أجهزة الإشارة بالمركبة أمان حركة المرور بالطرق. وبالإضافة إلى أجهزة الإضاءة، فهي تعتبر من أهم التجهيزات الكهربائية الضرورية لأمان حركة المرور.
- يتزايد تزويد أجهزة الإضاءة بعناصر تركيب (تبانط) من أشباه الموصلات لزيادة أمان تشغيلها.
- تحتاج جميع تجهيزات الإشارة إلى فحص مستمر.

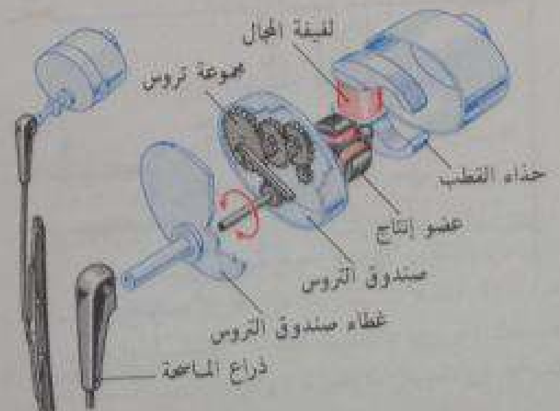
أسئلة

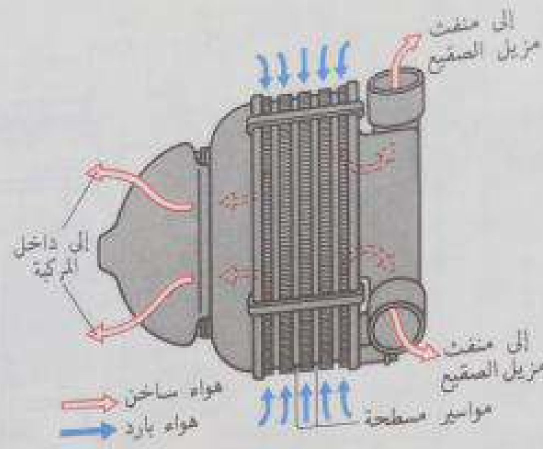
١ - ماهي تجهيزات الإشارة التي يجب وجودها بكل مركبة؟
٢ - كيف تعمل إشارة التنبيه الضوئية؟
٣ - ماهي وظائف ضوء الفرملة؟

٧ - ٩ الأجهزة الكهربائية الأخرى

ماسحات الزجاج الأمامي (شكل ٣٠٦ - ١): طبقا لتعليمات المرور، يجب وجود الماسحات في كل مركبة. ويمكن تشغيلها إما بالهواء بواسطة الضغط المنخفض (تفريغ) من أنبوب السحب، أوبضغط زائد من ضاغط الهواء، أوميكانيكيا بواسطة وحدة إدارة حلزونية (دودية) من المحرك، أوكهربائيا. ووظيفة ماسحات الزجاج الأمامي هي المحافظة على نظافة أكبر جزء ممكن من لوح الزجاج الأمامي. ويتكون جهاز الماسحات من محرك المسح وصندوق تروس وذراع المسح وريشة المسح القابلة للتبديل. وغالبا مايكون المحرك محرك تيار مستمر مركب، مكون من لفائف موصلة على التوالي وأخرى موصلة على التوازي. ويمكن أن توصل به مقاومة قبل لفائف التوالي حتى يمكن الحصول على سرعتين للدوران. وتحوّل الحركة الدورانية للمحرك إلى حركة بندولية لأذرع الماسحات بواسطة مجموعة تروس وجريدة مسننة. وتعرف الماسحة التي تعود تلقائيا إلى وضعها الأصلي، بالماسحة ذات وضع الانتظار. ويمكن أن يكون لمفتاح تشغيل محرك الماسحة ثلاثة أوضاع: 0 = وضع السكون، 1 = سرعة الدوران المنخفضة، 2 = سرعة الدوران العالية. ويمكن حدوث أعطال في محرك الماسحة بسبب النقص في التشحيم وبلى الفرش الكربونية. ويجب إزالة الأضرار في الوقت المناسب، لأن احتراق المحرك قد يكون نتيجة للتحميل الشديد عليه في حالة قمط (زرجنة) ذراع الماسحة. وكثيرا مايضم جهاز الماسحة مع جهاز غسل الزجاج الأمامي المدار كهربائيا.

٣٠٦ - ١ تركيب ماسحة الزجاج الأمامي





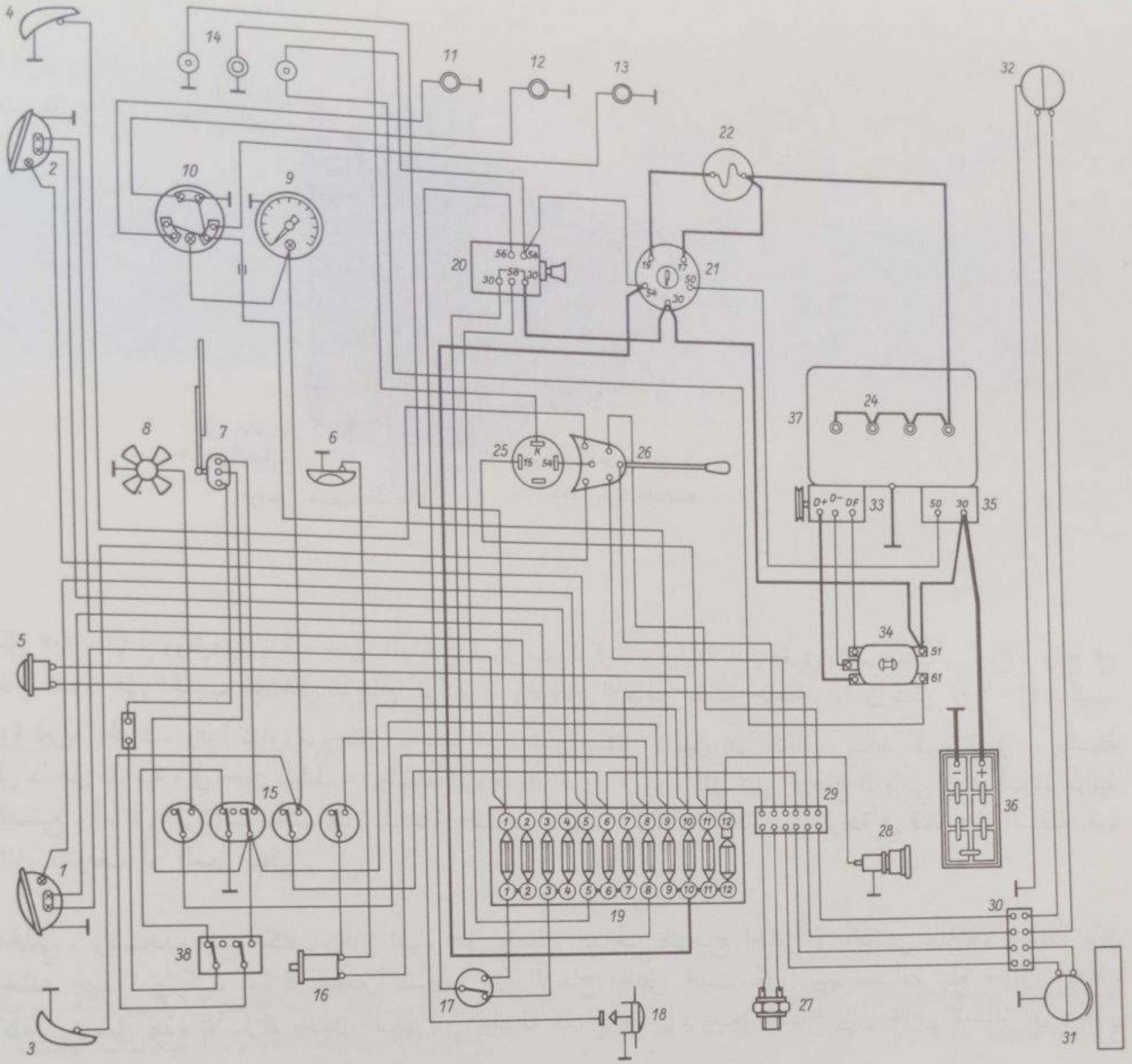
مدفأة المركبة (شكل ٢٠٧ - ١)، ووظيفتها تدفئة الحيز الداخلي لسيارات الركوب، وغرفة القيادة في الشاحنات . . . إلخ، وتمنع في نفس الوقت تكثف بخار الماء على الجانب الداخلي لزجاج المركبة - والزجاج الأمامي بصفة خاصة. ويبين شكل (٢٠٧ - ١) تركيب المدفأة المركبة على دورة تبريد المحرك. وفيها تدار مروحتان بواسطة محرك تيار مستمر متصل على التوالي. يسلط الهواء الدافئ - بواسطة إحدى المروحتين - إلى داخل المركبة، في حين يسلط - بواسطة المروحة الأخرى - هواء دافئ على الزجاج الأمامي، عبر أنبوبة هوائية خلال منفث مزيل الصقيع. أما في المركبات ذات نظام التدفئة بالضغط الديناميكي (القائد)، فتركب مروحة في قناة هواء التدفئة تقوم بإمداد الهواء الدافئ أثناء التوقف أو السير ببطء.

مسخن الزجاج الخلفي. ويستخدم لمنع تكثف بخار الماء على السطح الداخلي للزجاج الخلفي في الطقس البارد، وبذلك يمكن السائق من رؤية ماخلفه جيدا. وتركب أسلاك تسخين للتبخير على الزجاج الخلفي بحيث تكون بينها مسافة تبلغ حوالي 30 mm، تغطي سطح الزجاج كله. وتوصل هذه الأسلاك بالتيار الكهربائي بواسطة مفتاح خاص، ويبين مصباح بيان خاص للسائق أن مسخن الزجاج الخلفي يعمل.

المبين الكهربائي لمخزون الوقود. يتكون من جهاز للبيان ومرسل موجود في خزان الوقود، يقوم بتغيير مقاومة كهربائية بالاستعانة بعوامة.

مفتاح بيان ضغط الزيت. إذا انخفض ضغط الزيت أثناء سير المركبة عن حد أدنى معين، يضيء مفتاح بيان ضغط الزيت مصباحا للتحذير.

موضح في الصفحتين التاليتين دوائر التوصيل الكهربائية في شاحنة وكذلك خريطة توصيل الكبلات في سيارة ركوب الخاص.

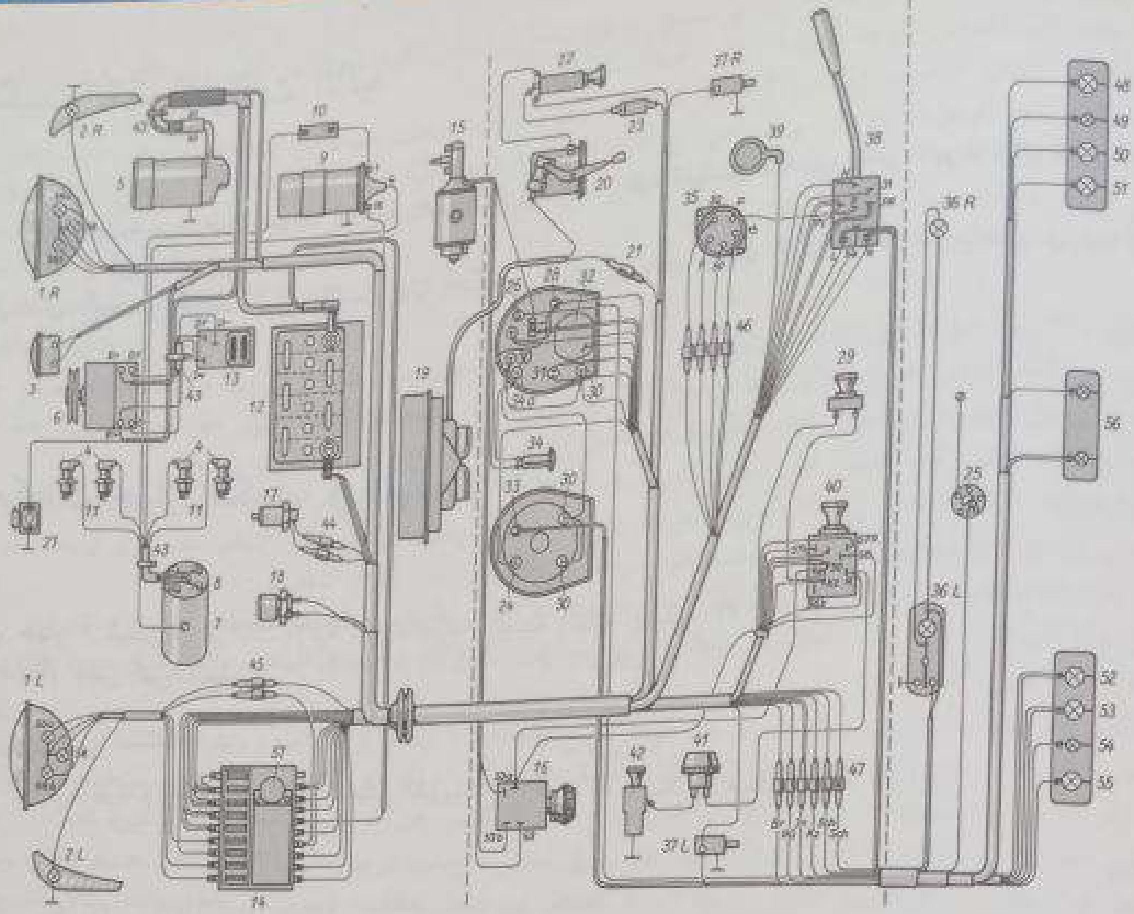


توضيح لرسم الدائرة الكهربائية لشاحنة

1 = مصباح أمامي ، أيسر
2 = مصباح أمامي ، أيمن
3 = مصباح إشارة وماض ، أمامي أيسر
4 = مصباح إشارة وماض ، أمامي أيمن
5 = بوق تنبيه (آلة تنبيه)
6 = مصباح للسقف
7 = ماسحة الزجاج الأمامي
8 = أجهزة التكييف (التدفئة)
9 = مقياس السرعة
10 = مجموعة أجهزة القياس
11 = مقياس مبين ضغط الزيت
12 = مقياس مبين درجة حرارة الماء
13 = مقياس مبين لخزان الوقود

14 = مصابيح بيان (مراقبة)
15 = مفتاح قلاب
16 = نقاط تلامس الباب (عند الفتح)
17 = مفتاح قدم للضوء الخافت
18 = مفتاح تشغيل بوق التنبيه
19 = ماسك للمصهر
20 = مفتاح الإضاءة
21 = مفتاح بدء تشغيل شموع التوهج
22 = مراقبة شموع التوهج
24 = شموع التوهج القضيبية
25 = مرسل ضوء الإشارة الوماض
26 = مفتاح ضوء الإشارة الوماض
27 = مفتاح ضوء الفرملة

28 = مقبس
29 = وصلة موصلات ، أمامية
30 = وصلة موصلات ، خلفية
31 = المصابيح الخلفية والفرملة والإشارة الوماضة ، وإضاءة لوحة رقم المركبة .
32 = المصابيح الخلفية ، والفرملة والإشارة الوماضة
33 = مولد التيار الكهربائي
34 = منظم لمولد التيار الكهربائي
35 = بادئ التشغيل
36 = بطارية 12 V (فولط)
37 = محرك ديزل ذو أربع أسطوانات
38 = جهاز غسل الزجاج الأمامي



توضيح لتوصيل الكابلات في سيارة ركوب أشخاص

1R = مصباح أمامي ، أيمن
1L = مصباح أمامي ، أيسر
2R = مصباح إشارة وماض أيمن
2L = مصباح إشارة وماض أيسر
3 = بوق تنبيه (آلة التنبيه)
4 = قابس كابت للتشرد
5 = بادئ التشغيل
6 = مولد تيار ثلاثي الأطوار
7 = قاطع تلامس
8 = موزع
9 = ملف إشعال
10 = مقاومة واقية لملف الإشعال
11 = شموع الإشعال
12 = بطارية
13 = منظم
14 = مرحل متعدد الفروع
15 = محرك ماسحات الزجاج الأمامي
16 = مفتاح ماسحات الزجاج الأمامي
17 = مفتاح إضاءة السير إلى الخلف
18 = مفتاح إضاءة الفرملة
19 = محرك جهاز التهوية
20 = مقاومة وقاية جهاز التهوية
21 = موصل جهاز التهوية

22 = مقبس قداحة السجائر
23 = مصهر للمقبس (8 أمبير)
24 = مصباح بيان للإضاءة الساطعة (الضوء العالي)
25 = مقياس مبين لمستوى خزان الوقود
26 = مؤشر بيان خزان الوقود
27 = مرسل بيان التزويد (التغذية) بالزيت
28 = مصباح بيان التزويد بالزيت
29 = مقاومة ضبط إضاءة أجهزة البيان
30 = إضاءة أجهزة البيان
31 = مصباح بيان الشحن (البطارية)
32 = ساعة
33 = مصباح إشارة الضوء الوماض
34 = مصباح تحذير لارتفاع درجة الحرارة
34 a = مؤشر بيان درجة حرارة مياه التبريد
35 = مفتاح الإشعال
36 R = مصباح داخلي ، أيمن
36 L = مصباح داخلي ، أيسر
37 R = نقاط تلامس للباب ، يمين (عند الفتح)
37 L = نقاط تلامس للباب ، يسار (عند الفتح)

38 = مفتاح الضوء الوماض والضوء الخافت
39 = زر ضاغط الإشارة وحلقة منزلقة
40 = مفتاح إضاءة
41 = إضاءة نقاط تلامس بدء التشغيل بالجذب
42 = نقاط تلامس بدء تشغيل بالجذب
43 = 3 مجموعات كبلات
44 = موصل لمفتاح السير إلى الخلف
45 = موصل لتكتل المصابيح الأمامية
46 = موصل لمفتاح الإشعال
47 = موصلات كتل المصابيح الخلفية
48 = ضوء الإشارة الوماض الخلفي الأيمن
49 = الضوء الخلفي الأيمن
50 = ضوء الفرملة الخلفي الأيمن
51 = مصباح الرجوع خلفي يمين
52 = مصباح الرجوع خلفي يسار
53 = ضوء الفرملة خلفي يسار
54 = الضوء الخلفي الأيسر
55 = ضوء الإشارة الوماض الخلفي الأيسر
56 = إضاءة لوحة رقم المركبة
57 = مرسل الإشارات الوماضة

٨ - تكييف الهواء بالمركبات الآلية

تشتمل عملية التكييف - طبقا لمفهومها العام في هندسة التكييف - على عمليات متعددة، مثل التهوية والتدفئة والتبريد والتنقية والترطيب أو فصل الرطوبة.

أما في مجال تكييف المركبات الآلية، فتشتمل عملية التكييف على تبريد حيز ركوب الأفراد فقط. ويستخدم في هذا السبيل أيضا تعبير تكييف الهواء.

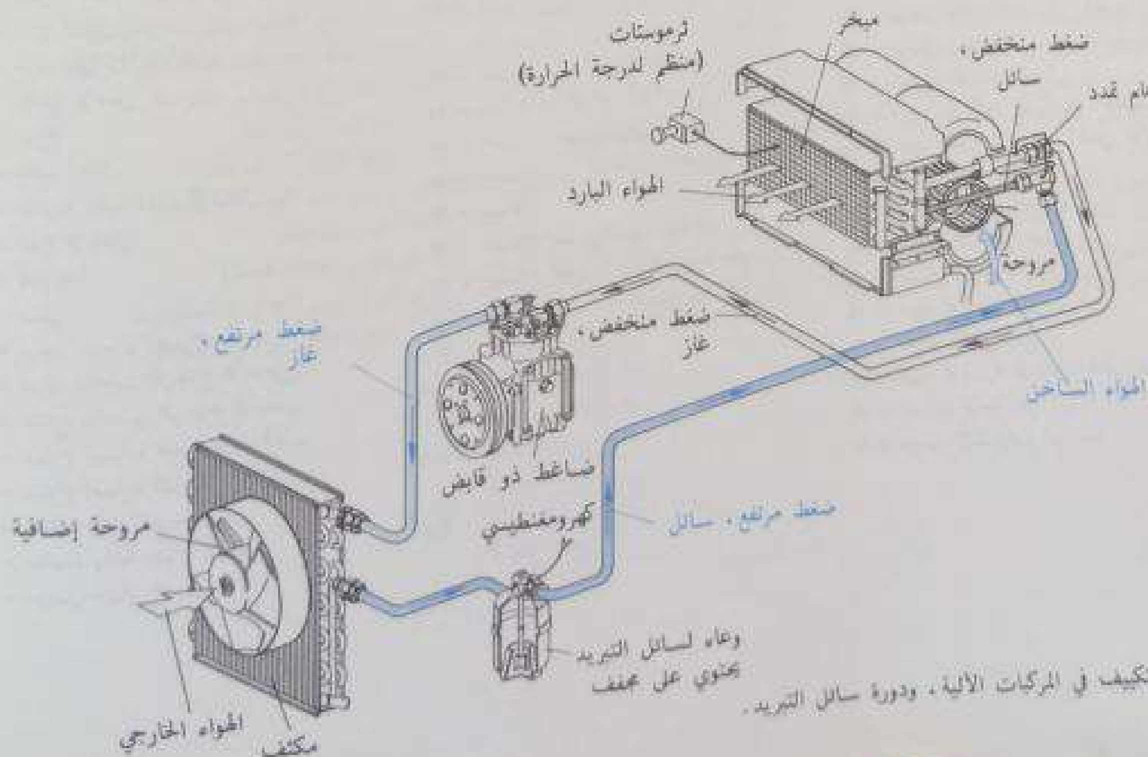
٨ - ١ مكونات جهاز التكييف في المركبات الآلية

يتكون جهاز التكييف في المركبات الآلية من الأجزاء الرئيسية التالية (شكل ٣١٠ - ١):

١ - ضاغط ذو قابض كهرومغنطيسي
٢ - مكثف
٣ - مروحة إضافية
٤ - وعاء لسائل التبريد، يحتوي على مجفف لسائل التبريد.
٥ - مبخر
٦ - صمام تمدد
٧ - مروحة
٨ - (ترموستات) منظم لدرجة الحرارة

٨ - ٢ طريقة الأداء (العمل)

يصبح جهاز التكييف معدا للتشغيل بمجرد تشغيل المحرك، بغض النظر عن سرعة سير المركبة. ويعمل الجهاز بنفس الطريقة التي تعمل بها ثلاجة التبريد (البراد)، التي تحتوي على جهاز تبريد ذو ضاغط.



٣١٠ - ١ جهاز التكييف في المركبات الآلية، ودورة سائل التبريد.

وتعتمد طريقة التبريد هذه على نظرية تبخير سائل. وتلزم لعملية التبخير كمية معينة من الحرارة يتم اكتسابها من الحيز المحيط بالمبخر، مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الحيز المحيط، أي إلى تبريده.

يتم وضع مبخر جهاز التكييف في حيز (غرفة) الركوب، وتقوم مروحة بسحب الهواء من هذا الحيز، ودفعه عبر المبخر. وبذلك يتم تبريد الهواء، وفصل الرطوبة الزائدة. وهذا يعني أن عملية التبريد تصحبها عملية فصل للرطوبة الزائدة. يتجمع الماء المتكثف أسفل المبخر، ويتم طرده إلى الخارج عن طريق خط توصيل خاص. يتم ضبط قدرة التبخير عن طريق ترموستات (منظم لدرجة الحرارة). وبذلك يمكن حفظ درجة حرارة حيز الركوب ثابتة.

كما تتولى المروحة - التي تدفع الهواء عبر المبخر - تدوير الهواء في حيز الركوب، ويمكنها سحب هواء نقي جديد من الخارج إذا لزم الأمر.

تتولد البرودة اللازمة عن طريق تبخير سائل التبريد في المبخر، ويتم حقن وسيط التبريد الموجود - تحت ضغط مرتفع - في وعاء سائل التبريد في المبخر، عن طريق صمام تمدد موضوع قبل المبخر مباشرة. وينخفض الضغط المؤثر على وسيط التبريد عند دخوله إلى المبخر، مما يؤدي إلى تبخره، ومن ثم سحب الحرارة من الحيز المحيط به، ويسخن وسيط التبريد نفسه.

يقوم صمام التمدد بحقن كمية معينة من سائل التبريد في المبخر، تناسب قدرة التبريد المطلوبة، وتعادل الكمية المثلى، التي تمكن المبخر من تبخيرها. ويتم التحكم في هذا الصمام عن طريق ترموستات. ويجب أن تتم عملية التنظيم هذه دون ارتباط بدرجة حرارة الهواء الخارجي أو قدرة الضاغط. ولكنها تعتمد على درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر.

كذلك يمثل صمام التمدد نقطة الفصل بين الجزء ذي الضغط المرتفع، والجزء ذي الضغط المنخفض في دائرة التبريد.

ولإكمال دورة التبريد، يجب إعادة تكثيف وسيط التبريد الساخن، الذي يتم تبخيره في المبخر، والموجود في صورة بخار، عن طريق سحب كمية الحرارة التي اكتسبها من حيز الركوب.

يقوم الضاغط بسحب بخار وسيط التبريد من المبخر ورفع ضغطه، ثم يدفعه إلى المكثف. ويشبه المكثف في تركيبه للمشع المزود بزعانف تبريد عديدة، ويتم وضعه غالبا قبل المشع في مواجهة هواء السير. ويمكن تبريده بطريقة إضافية باستخدام مروحة كهربائية. يتم سحب الحرارة من بخار وسيط التبريد، التي تم اكتسابها في حيز الركوب، عن طريق مساحة المقطع الكبيرة للمكثف، وطردها إلى الهواء الجوي الخارجي، وبذلك يتكثف بخار وسيط التبريد إلى سائل. وتعتمد درجة الحرارة التي يتكثف عندها بخار وسيط التبريد على الضغط في المكثف. ويخرج بعد ذلك وسيط التبريد السائل من أسفل المكثف، ويسري إلى داخل وعاء سائل التبريد. ويركب مجفف قبل وعاء سائل التبريد، تكون وظيفته فصل أي بقايا من الماء من وسيط التبريد.

يتضح من هذا أن جهاز التكييف في المركبات الآلية، يحتوي على دورتين مقترنتين ببعضهما، وهما دورة الهواء ودورة وسيط التبريد. وترتبط الدورتان ببعضهما عن طريق المبخر، الذي يعمل كمبادل حراري.

٨ - ٣ تركيب وطريقة عمل الأجزاء

٨ - ٣ - ١ ضاغط التبريد

يمثل الضاغط جهاز التشغيل في منشأة التكييف، وهو يشبه المضخة من حيث طريقة العمل، إذ يقوم بسحب وسيط التبريد وضغطه، ثم ضخه خلال دورة التبريد. ويلاحظ أن ضواغط التبريد لا تصلح إلا لضغط الغازات فقط. وإذا سحب الضاغط أي سائل فإن ذلك يؤدي إلى تلفه.

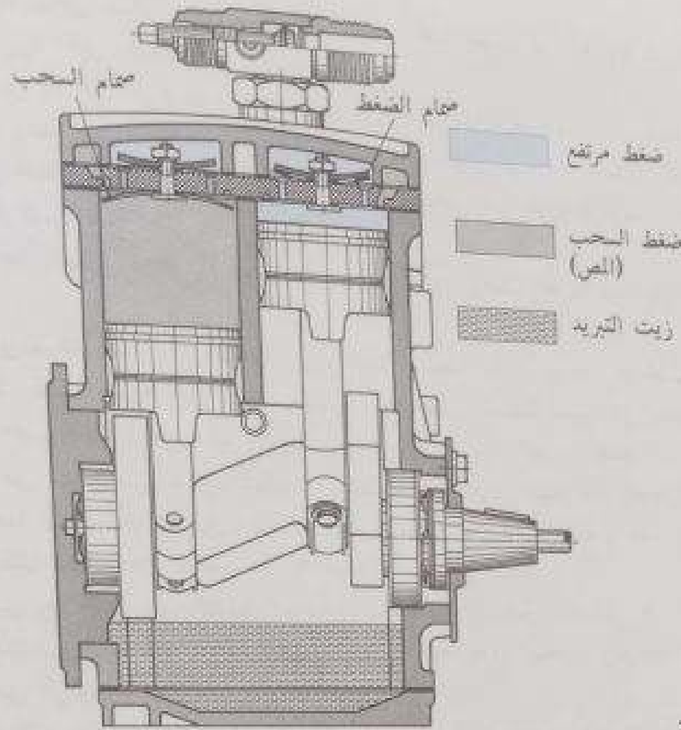
ويستخدم نوعان من الضواغط في أجهزة التكييف:

١ - ضاغط ذو كباس يتحرك إلى أعلى وإلى أسفل، عن طريق عمود المرفق (شكل ٣١٢ - ١).

٢ - ضاغط ذو أقراص متراوحة (بدلا من الكباس). يتم استخدام ثلاثة أقراص متراوحة مزدوجة موزعة على محيط دائرة بزاوية مقدارها 120°، وتأثيرها يماثل ضاغط ذو ست أسطوانات.

ولا تختلف طريقة الأداء في كلا النوعين. يتم سحب وسيط التبريد الغازي إلى داخل الأسطوانة، عن طريق تحرك الكباس إلى أسفل. وفي هذه الأثناء يفتح صمام السحب، المسار بين لوحة الصمام وحيز الأسطوانة. وعند تحرك الكباس إلى أعلى يتم انضغاط الغاز. وفي هذه الأثناء يغلق صمام السحب ويفتح صمام الضغط.

تزود ضواغط التبريد بزيت خاص يختلط جزء منه بوسيط التبريد، ويسري دائما خلال دورة وسيط التبريد، ويقوم بتزليق الأجزاء المتحركة المختلفة.



٣١٢ - ١ ضاغط ذو أسطوانتين.

٨ - ٣ - ٢ القابض الكهرومغنطيسي

يعتبر القابض الكهرومغنطيسي وسيلة نقل الحركة، بين محرك المركبة وضاغط التبريد، ويتكون القابض من ملف مغنطيسي، وبكرة سير ذات محمل محور دوران ونابض قرصي. ويتم التحكم في المفتاح بواسطة حاس لدرجة الحرارة، مركب عند المبخر. ويقوم المفتاح بإثارة الملف المغنطيسي عند وصول درجة الحرارة إلى قيمة معينة، وبالتالي ينجذب النابض القرصي في اتجاه بكرة السير ويشغل الضاغط. وعندما ينقطع التيار عن الملف المغنطيسي، ينفصل النابض القرصي عن بكرة السير ويتوقف الضاغط.

٨ - ٣ - ٣ المبخر

غالبا ما يصنع كل من المبخر والمبادل الحراري لجهاز التدفئة في كتلة واحدة، في وحدات التبريد التي تركب عادة في المركبات الآلية. أما في حالة التركيب اللاحق لجهاز تكييف، فيتم وضع المبخر أسفل لوحة الأجهزة بالمركبة.

يتكون المبخر أساسا من مجموعة من المواسير الملفوفة حلزونيا، تزود برقائق لتكبير مساحة سطح المبخر، وتساعد هذه على التبادل السريع للحرارة بين الهواء الموجود في حيز الركوب، وبين وسيط التبريد في المبخر.

٨ - ٣ - ٤ المكثف

يتكون المكثف من مجموعة من الأنابيب الملفوفة حلزونيا، مزودة برقائق ملحومة على سطحها، لرفع كفاية الانتقال الحراري، وضمان التبريد السريع لبخار وسيط التبريد. ويجب الانتباه إلى أنه عند وضع المكثف أمام المشع، فإن هذا يؤدي إلى حمل حراري إضافي يقع على عاتق مشع المركبة (المبرد). ويجب أن لا تقل المسافة بين المشع والمكثف عن ستة مليمترات.

٨ - ٣ - ٥ وعاء سائل التبريد ذو مجفف المرشح

تتلخص وظيفة وعاء سائل التبريد ذي مجفف المرشح، في تجميع وسيط التبريد السائل القادم من المكثف، وفصل الماء عنه إن وجد. وفي هذا الوعاء يتدفق وسيط التبريد خلال مجفف يحتوي على مواد صلبة. ويقوم هذا المجفف بفصل الماء والشوائب الصلبة عن وسيط التبريد.

ويزود وعاء سائل التبريد بنافذة زجاجية لإمكان مراقبة مستوى وسيط التبريد الموجود فيه.

٨-٣-٦ خراطيم وسيط التبريد

تقوم خراطيم وسيط التبريد بوصل أجزاء مجموعة التبريد بعضها ببعض. وبذلك يتم تكوين دائرة مغلقة للتبريد. ولما كانت حركة المركبات الآلية تحدث ارتجاجات، فمن الضروري وصل الأجزاء مع بعضها البعض بوصلات مرنة. ويستخدم نوعان مختلفان من الوصلات هما:

١ - خراطيم من المطاط المدرع (المقوى) بنسيج فولاذي. وتتميز هذه الخراطيم بمرونتها العالية، ومن ثم يمكن حنيها بأقطار انحناء صغيرة أثناء تمديدها.

٢ - خراطيم من البلاستيك المدرعة (المقوى) بنسيج نايلون. وتتميز هذه الخراطيم بقلة فقدها لوسيط التبريد. إلا أنها تحتاج إلى أقطار انحناء كبيرة.

٨ - ٤ أعمال الصيانة والإصلاح في جهاز التكييف

- تخزن جميع قطع الغيار في حالة جافة ومحكمة الإغلاق.
- يجب إغلاق جميع الفتحات فورا، ومنع تسرب الهواء إليها، عند القيام بأي إصلاح في دائرة التبريد.
- يجب أن يمرر (ينفخ) نيتروجين أو غاز تبريد فريون 12 (R 12) في خراطيم وسيط التبريد قبل تركيبها.
- يجب عدم نزع السدادات عند تركيب أية قطعة غيار، إلا قبل التركيب مباشرة، وخاصة عند تركيب المجفف، لأن المجفف المفتوح يصل إلى حالة التشبع في زمن قصير، ولا يمكن استعماله بعد ذلك.
- لا يجوز ضخ وسيط التبريد من مجموعة التبريد إلى الأسطوانة مباشرة.
- يجب دائما إحكام غلق أسطوانة وسيط التبريد الفارغة.
- يشترى وسيط التبريد من الشركات المتخصصة فقط.
- لا يجوز إجراء أية إصلاحات في الهواء الطلق، عندما يكون الجو مشبعا بالرطوبة.
- يتم استبدال المجفف بعد كل ثاني عملية إصلاح في دائرة التبريد.
- تتسبب الرطوبة الموجودة في دائرة التبريد في خفض كفاية التبريد، بالإضافة إلى أنها تساعد على تكون أحماض تتلف المجفف، وكذلك توصيلات وسيط التبريد، مما يقتضي إصلاحات باهظة التكاليف، وتتسبب في تعطل جهاز التكييف لفترة زمنية.
- يراعى استبدال المجفف - في أجهزة تكييف مركبات الخدمات العامة - مرة واحدة على الأقل كل عام، عند بداية فترة التبريد (بداية الصيف).
- يجب الكشف على مستوى الزيت في الضاغط، وتفريغ دائرة التبريد قبل بدء التشغيل، طبقا للتعليمات الخاصة بذلك. ويتراوح زمن التفريغ بين ساعة واحدة وأربع ساعات. كذلك يجب تجفيف دائرة التبريد، بإيقاف عملية التفريغ عدة مرات وتمرير كمية من وسيط التبريد السائل.

٩ - الاختبار والفحص والضبط

يتعرض كل من المحرك والهيكل ومجموعة الإدارة في المركبة الآلية، إلى إجهادات مرتفعة. لذلك يجب أن يكون تحديد كل حيود لقيم الضبط المحددة، وكذلك الأعطاب أيا كان نوعها بطريقة سهلة اقتصادية وسريعة، أمرا ممكنا. ويتم تحديد مقدار الحيود والأعطاب بواسطة أجهزة اختبار. أما ضبط القيم المحددة والتخلص من الأعطاب، فيتم باستخدام أجهزة قياس وأجهزة فحص (اختبار).

٩ - ١ اختبار المحرك

من الواضح أن الحصول على قدرة مرتفعة من المحرك، وقيم مضبوطة لمكونات غازات العادم بأقل استهلاك للوقود، وبأقل بلى في الأجزاء، ليتطلب محافظة دقيقة على قيم الضبط المحددة لأجزاء المحرك المختلفة. لذلك يجب إجراء الفحص والضبط بتسلسل منهجي، حتى لا تطرأ ضرورة إعادة إجراء تعديل في قيم قياس سبق ضبطها.

٩ - ١ - ١ اختبار ضغط الانضغاط في محركات أوتو.

يعتبر اختبار ضغط الانضغاط إجراء قياسي للمقارنة. ويمكن الاستدلال منه على الحالة الميكانيكية لغرف الاحتراق الموجودة في أسطوانات المحرك. لذلك يراعى إجراء الفحص دائما بنفس الجهاز المستخدم في قياس ضغط الانضغاط (شكل ٣١٤ – ١) حتى يتسنى عمل مقارنة بالقياسات السابقة.

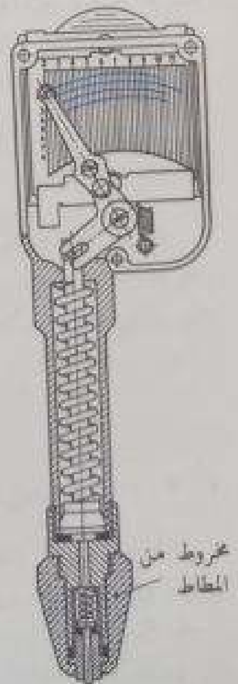
ضغط الانضغاط ونسبة الانضغاط:

تعتبر قيم ضغط الانضغاط بمثابة مقياس لكمية خليط الهواء والوقود المسحوب من خلال المكربن (الكفاية الحجمية). كذلك يمكن بواسطتها الحكم على حالة الأسطوانة وحلقات (شنابر) الكباس والصمامات. ويستدل من تساوي قيم ضغط الانضغاط في الأسطوانات المختلفة على تساوي القدرة الناتجة من الأسطوانات.

ويؤدي عدم تساوي القدرة الناتجة من كل أسطوانة إلى خفض القدرة الكلية للمحرك. كذلك يؤدي عدم تساوي القدرة إلى بلى سريع في الأسطوانة السليمة، حيث يقع على عاتقها العبء الأكبر في توليد طاقة المحرك.

شروط (مستلزمات) إجراء القياس:

يصنع كل من الكباس والأسطوانة والصمامات من مواد مختلفة. وتكون أبعاد هذه الأجزاء في الحالة الباردة مختلفة عنها، عندما يصل المحرك إلى درجة حرارة التشغيل المعتادة. ولا يتم التوصل إلى إحكام جيد بين الكباس والأسطوانة، إلا عندما يصل المحرك إلى درجة حرارة التشغيل (عندما تصل درجة حرارة زيت التزليق إلى 80°C).



٣١٤ – ١ جهاز اختبار ضغط الانضغاط، وورقة المخطط البياني الخاصة به.

كذلك يجب شحن الأسطوانة بأكبر قدر ممكن من خليط الوقود والهواء، عن طريق فتح صمام الخنق حتى نهايته، كي يتسنى الحصول على أقصى ضغط انضغاط ممكن.

خطوات الاختبار:

١- يدار المحرك حتى ترتفع درجة حرارته إلى درجة حرارة التشغيل.

٢- يوقف المحرك وتفك شموع الإشعال، ثم يدار المحرك عدة دورات بواسطة بادئ التشغيل. وبذلك تطرد مخلفات الاحتراق من فتحات شموع الإشعال.

٣- توضع ورقة بيانية جديدة على جهاز تسجيل ضغط الانضغاط. ويضبط مؤشر التسجيل على الوضع المثل للأسطوانة الأولى على الورقة البيانية.

٤- يركب المخروط المطاطي الخاص بجهاز تسجيل ضغط الانضغاط على فتحة شمعة الإشعال للأسطوانة الأولى. ويثبت على هذه الفتحة بضغطه بقوة.

٥- يدار بادئ التشغيل وصمام الخنق مفتوح إلى أقصاه. ويستمر التشغيل إلى أن يتوقف الضغط عن الارتفاع (بعد عدد من الدورات يتراوح بين 10 و 18 دورة تقريبا).

٦- يدفع صمام التهوية (الأصبع المعدني) في داخل رأس المخروط المطاطي، حتى يتم التخلص من الضغط المتكون في جهاز تسجيل ضغط الانضغاط. وهكذا يتم التخلص من الهواء داخل الجهاز، ويرجع مؤشر التسجيل إلى وضعه الأصلي ثانية.

٧- تضبط الورقة البيانية على وضع الأسطوانة الثانية، ويبدأ في قياس ضغط الانضغاط في هذه الأسطوانة. ويكرر هذا العمل تبعا لعدد أسطوانات المحرك.

تقيم (تحليل) نتائج قياس ضغط الانضغاط:

١- الزيادة الطبيعية في الضغط: تحدث الزيادة الكبيرة في قيمة الضغط في الشوط الأول للانضغاط، إذا كانت حالة حلقات (شنابر) الكباس والصمامات جيدة. ويزداد ارتفاع الضغط بعد ذلك إلى القيمة القصوى خلال الدورات التالية، حيث تتراوح قيمته بين 7 bar و 12 bar.

٢- صغر الضغط النهائي: يدل صغر الضغط النهائي في جميع الأسطوانات على البلى (التآكل) في حلقات الكباس، أو في الكباس نفسه، أو في الصمامات. أما في حالة وجود ضغوط منخفضة في أسطوانتين متجاورتين بالمقارنة مع الأسطوانات الأخرى، فيدل هذا على وجود عطل في حشية رأس الأسطوانات، أو وجود شدخ في رأس الأسطوانات، يقع بين هاتين الأسطوانتين.

٣- الفقد الكبير في الضغط: في حالة وجود فرق في الضغط بين الأسطوانات المختلفة بقدر يزيد عن 1 bar، فإنه يفضل إعادة القياس مرة أخرى. ويتم حقن كمية من زيت التزليق (حوالي $1 cm^3$) في الأسطوانة التي سوف يقاس بها الضغط، قبل إجراء القياس الثاني. ويدار المحرك بواسطة بادئ التشغيل لعدة دورات، حتى يتم توزيع الزيت على جدارن الكباس والأسطوانة، فيعمل الزيت كمانع للتسرب. ويعاد القياس مرة أخرى، وتقارن الورقتين البيانيتين ببعضهما.

إذا ارتفعت قيم الضغط عن القيم المسجلة في الاختبار الأول، دل ذلك على وجود بلى (تآكل) في حلقات الكباس، وعيوب في الأسطوانة أو الكباس. وإذا لم يحدث تغير ملحوظ في قيم الضغط المقاسة بعد حقن الزيت - مقارنة بالقياس الأول - فإن دلالة ذلك هي سوء حالة الصمامات. أما في حالة ارتفاع الضغط ارتفاعا متوسطا، فإن هذا يدل على وجود بلى وتسرب في كل من الصمامات وحلقات الكباس وسطح الأسطوانة.

ويدل ضغط الانضغاط المنخفض في إحدى الأسطوانات، على وجود تسرب في أحد صمامات هذه الأسطوانة. وقد ينشأ هذا نتيجة لوجود رواسب على سطح مقعد الصمام. ويمكن التخلص من مثل هذا العيب عن طريق فحص وضبط مجموعة الإشعال، ثم قيادة المركبة بقدرة عالية، لمسافة طويلة. ويجب في هذه الحالة ضبط خلوص الصمام قبل إعادة قياس الضغط.

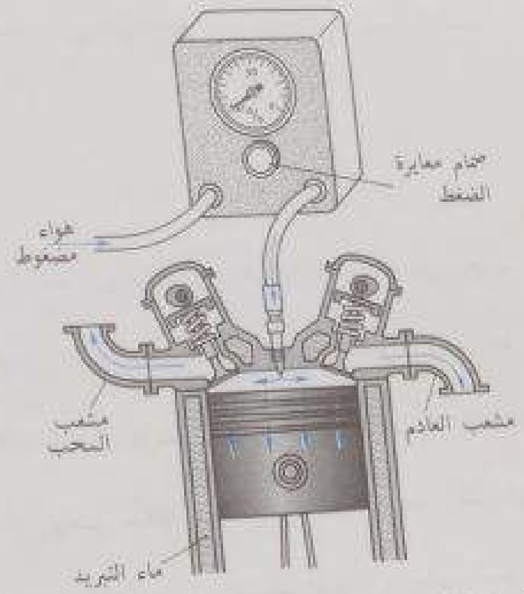
اختبار ضغط الانضغاط في محركات ديزل

يستخدم جهاز قياس خاص لقياس ضغط الانضغاط في محركات ديزل، يتناسب تصميمه مع الضغوط المرتفعة التي يتم التوصل إليها في هذه المحركات. لذلك يستبدل المخروط المطاطي بخرطوم ضغط عال، له نهايات مزودة بحلمات (نبل) لولبية قابلة للفك والتركيب.

يتم توصيل جهاز تسجيل الضغط مع المحرك بواسطة إحدى حلمات نهاية خرطوم الضغط العالي المناظرة، والتي تثبت إما في فتحة شمعة التوهج، أو في فتحة حامل منفث الوقود. وتتبع نفس خطوات الاختبار وتقيم (تحليل) الناتج، التي اتبعت في محركات البنزين.

٢-١-٢ اختبار الفقد في ضغط الانضغاط

إذا اكتشف وجود تسرب في غرفة الاحتراق، عند إجراء اختبار ضغط الانضغاط، تجرى عملية اختبار الفقد في ضغط الانضغاط. ويتم إجراء هذا الاختبار الأخير على كل أسطوانة، بوضع كباس الأسطوانة المراد اختبارها في وضع النقطة الميتة العليا، ومن ثم تحديدها



٣١٦ - ١ اختبار ضغط الانضغاط



٣١٦ - ٢ توصيلة قياس الضغط المنخفض في أنبوب السحب.

بالهواء المضغوط. ويتم قياس الفقد في الضغط - نتيجة لوجود تسرب في غرفة الاحتراق - باستخدام مانومتر مثبت بجهاز القياس، يبين الفقد في الضغط، بنسبة مئوية، في مدى يتراوح بين 0% و 100% (شكل ٣١٦ - ١).

شروط (مستلزمات) إجراء القياس

١ - يدار المحرك حتى تصل درجة حرارته إلى درجة حرارة التشغيل.
٢ - يوقف المحرك وتفك جميع شموع الإشعال، ثم يدار المحرك عدة دورات عن طريق بادئ التشغيل، لطرد مخلفات الاحتراق من غرفة الاحتراق، خلال فتحات شموع الإشعال.
٣ - يتم فك الأجزاء التالية: مرشح الهواء - غطاء فتحة تعبئة الزيت - غطاء المشع.
٤ - يوصل جهاز اختبار فقد الضغط على شبكة الهواء المضغوط (من 5 bar إلى 14 bar، طبقا لتعليمات الشركة المنتجة).
٥ - تعاير كمية الهواء المضغوط بواسطة صمام معايرة، بحيث يصبح مؤشر جهاز القياس عند وضع «0».

خطوات الاختبار:

١ - يضبط كباس الأسطوانة المطلوب قياسها في وضع النقطة الميتة العليا في شوط الانضغاط، باستخدام جهاز تحديد موقع النقطة الميتة، وإدارة المحرك ببطء يدويا في اتجاه دورانه.
٢ - يركب خرطوم الاختبار في لولب فتحة شمعة الإشعال الخاصة بالأسطوانة موضع الاختبار
٣ - يوصل خرطوم الاختبار على جهاز القياس، وتقرأ النسبة المئوية لفقد الضغط على مقياس الجهاز.
٤ - يفك خرطوم الاختبار من الأسطوانة التي اختبرت، ويركب في الأسطوانة التي تليها، طبقا لتتابع الإشعال في المحرك.
٥ - تكرر عملية الفحص هذه حتى يتم اختبار جميع أسطوانات المحرك.

تقييم (تحليل) نتائج اختبار الفقد في ضغط الانضغاط

الحالة الطبيعية:

يجب ألا تتعدى قيمة الفقد في الضغط القيم المحددة من الشركات المنتجة لأجهزة الاختبار، وينطبق هذا أيضا على اختلافات فقد الضغط الموجودة بين أسطوانات المحرك.

الفقد غير المسموح به في ضغط الانضغاط

يتدفق الهواء في حالة النقص الكبير في الإحكام من أماكن التسرب، ويمكن سماع صوت خروجه في هذه المواضع (فشيش)، فإذا تم تحديد تسرب في كل من:

١ - مواسير العادم ومشعبه، فيدل هذا على عدم إحكام صمام الخروج (العادم).
٢ - المكربن أو أنبوب السحب، فيدل هذا على عدم إحكام صمام الدخول.
٣ - فتحة ملء ماء التبريد أو فتحة شمعة الإشعال للأسطوانة المجاورة، فيدل هذا على عطب حشية رأس الأسطوانات، أو وجود شرخ في رأس الأسطوانات، أو في جسم المحرك.
٤ - فتحة تعبئة زيت التزليق أو فتحة قياس مستوى الزيت، فيدل هذا على عدم إحكام الكباس

١-١-٢ اختبار مقدار الضغط المنخفض في أنبوب السحب:

عن طريق اختبار مقدار الضغط المنخفض في أنبوب السحب، يمكن التأكد من سحب جميع الأسطوانات لأكبر قدر ممكن من خليط الوقود والهواء، أو أن هناك عيب ما يؤدي إلى خفض قدرة السحب. كذلك يمكن من حالة الضغط المنخفض، استخلاص استنتاجات عن الحالة الميكانيكية لغرفة الاحتراق، وعن حالة نظم تحضير الخليط ودورة الإشعال بالمحرك. ولا يمكن إجراء هذا الاختبار إلا على المحركات التي تكون مكربناتها مزودة بتوصيلة خاصة (شكل ٢١٦-٢) في أسفل صمام الخنق. ولا يجوز استخدام توصيلة تجهيزة ضبط الضغط المنخفض في دورة الإشعال لإجراء هذا الاختبار.

شروط (مستلزمات) إجراء القياس:

١- يدار المحرك حتى يصل إلى درجة حرارة تشغيله.
٢- يوصل مقياس سرعة الدوران، ويوصل كذلك جهاز اختبار الضغط المنخفض، كل بالمكان المخصص له، باستخدام خرطوم.
٣- تضبط سرعة دوران المحرك على سرعة اللاحمل المحددة.

تقييم نتائج اختبار الضغط المنخفض في أنبوب السحب:

١- يقع مقدار الضغط المنخفض في حدود التفاوت المسموح به، عند سرعة الدوران الحر. ويبقى هذا المقدار ثابتا. ويكون دوران المحرك منتظما.
نتيجة الاختبار: يعمل كل من المحرك، ومجموعة تحضير الخليط ودورة الإشعال بطريقة طبيعية.

٢- يقع مقدار الضغط المنخفض في حدود التفاوت المسموح به، إلا أنه يكون غير منتظم وينبض قليلا. ويكون دوران المحرك غير منتظم.
نتيجة الاختبار: يرجع إخفاق الإشعال في بعض الأسطوانات، إلى عدم صلاحية شموع الإشعال، أو وجود عطب في كبل الإشعال، أو أعطال في موزع الإشعال أو في ملف الإشعال، أو بلى نقطتي قاطع التلامس.

٣- يقع مقدار الضغط المنخفض في حدود التفاوت المسموح به، إلا أنه غير منتظم ويميل إلى التمادي الشديد في الانخفاض. ويكون دوران المحرك غير منتظم.
نتيجة الاختبار: وجود خطأ في ضبط توقيت الإشعال (إشعال متقدم أو متأخر).

٤- يقع مقدار الضغط المنخفض في حدود التفاوت المسموح به، لكنه يتأرجح بشدة على فترات زمنية متساوية، ويميل إلى التمادي في الانخفاض
نتيجة الاختبار: صغر خلوص الصمامات أو وجود كسر في أحد نوابض الصمامات، أو استعصاء (انحشار) أحد الصمامات في دليله.

٥- يكون مقدار الضغط المنخفض أقل من حد التفاوت المسموح به. ويدور المحرك بانتظام ويتمادى انخفاض الضغط، عند تغطية جزء من مساحة مقطع أنبوب السحب.
نتيجة الاختبار: يوجد مكان به تسرب في خطوط توصيلات السحب (خلوص كبير في محور صمام الخنق أو دخول هواء خارجي، نتيجة لتلف مانع التسرب في مشعب المص (السحب)، أو لتلف مشعب السحب نفسه.

٦- يكون مقدار الضغط المنخفض أقل من حد التفاوت المسموح به، غير أنه ينبض بشدة وانتظام.
نتيجة الاختبار: وجود خطأ في ضبط تروس توقيت الصمامات أو سلاسلها.

٧- يقع مقدار الضغط المنخفض في حدود التفاوت المسموح به، غير أنه ينخفض أكثر عند زياد سرعة دوران المحرك.
نتيجة الاختبار: وجود اختناق في مقطع مجموعة العادم، ناشئ عن تراكم مخلفات نواتج الاحتراق أو عن تلف ميكانيكي.

٨- يكون مقدار الضغط المنخفض أقل من حد التفاوت المسموح به، غير أنه ثابت وذو نبض ضئيل. ويكون دوران المحرك منتظما.
نتيجة الاختبار: نقص ضغط الانضغاط في كل الأسطوانات، وصغر خلوص الصمامات في كل الأسطوانات، وتقدم ضئيل في توقيت الإشعال.

٩ - ٢ اختبار الإشعال

يعتبر اختبار الإشعال من الاختبارات المكلفة والشاملة، التي تحتاج إلى مجهود كبير، نظرا لكثرة وتعدد الأجزاء المكونة لدورة الإشعال.

يجب أن يجرى اختبار وضبط دورة الإشعال بتسلسل منهجي، لأن أي تغيير في قيم ضبط سبق تحديدها، يلغي هذه القيم، ويتطلب إعادة الضبط من جديد. ويلزم إجراء اختبارات الأداء الوظيفي التالية، عند اختبار دورة الإشعال:

١ - اختبار البطارية.
٢ - انخفاض الجهد في الدائرة الابتدائية للتيار.
٣ - ملف الإشعال.
٤ - مكثف الإشعال.
٥ - موزع الإشعال:
  أ) قاطع التلامس وزاوية الإغلاق.
  ب) لحظة الإشعال.
  ج) ضبط التوقيت الأوتوماتي للإشعال.
  د) ضبط مقدار الضغط المنخفض.
٦ - شموع الإشعال.
٧ - كبل الجهد العالي وأجزاء العزل وأجزاء كابت (حاجب) تداخل الشرر.

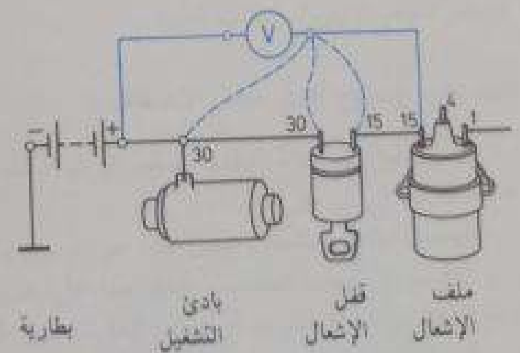
٩ - ٢ - ١ اختبار البطارية:

تعتمد قدرة الإشعال على مدى كفاية وقدرة البطارية، أثناء بدء التشغيل، خاصة عندما تنخفض درجة حرارة الجو. ويجب إجراء الاختبارات والفحوص والأعمال التالية:

١ - تنظيف طرفي التوصيل بأقطاب البطارية.
٢ - اختبار كثافة الحامض ومستواه.
٣ - اختبار التحميل:
  أ) يجب ألا يقل الجهد في الخلية عن 1,75 V، عند فحصها، باستخدام جهاز فحص الخلايا ومقاومة تحميل.
  ب) يجب ألا يقل جهد الخلية عن 1,5 V، عند تحميل البطارية ببادئ التشغيل.

٩ - ٢ - ٢ انخفاض الجهد في الدائرة الكهربائية الابتدائية

يجرى هذا الفحص لتحديد ما إذا كان الجهد الموجود في الملف الابتدائي لملف الإشعال كافيا (شكل ٣١٨ - ١). ويجب أن لا يتعدى هبوط الجهد المتدفق من البطارية إلى ملف الإشعال مقدار 0,4 V، في البطاريات ذات جهد 6 V ولا يتعدى مقدار 0,8 V في البطاريات ذات جهد 12 V.



٣١٨ - ١ قياس انخفاض الجهد في الدائرة الكهربائية الابتدائية.

شروط (مستلزمات) إجراء القياس:

١- فصل كبل ملف الإشعال عن الملف (طرف التوصيل 4).

٢- يدار المحرك بواسطة بادئ التشغيل ويقاس فرق الجهد بين البطارية وملف الإشعال (طرف التوصيل 15).

تقييم (تحليل) نتائج القياس:

الحالة الطبيعية: عندما يبين الفولطمتر قيمة أعلى من القيمة الدنيا المحددة، فإن هذا يعني أن انخفاض الجهد يقع في حدود التفاوت المسموح به.

نتيجة الاختبار: لا يحتوي أيًا من البطارية أو بادئ التشغيل أو الكبل أو وصلات الكبل، على مقاومات تتعدى قيمتها الحد المسموح به.

في حالة انخفاض الجهد بقدر غير مسموح به: عندما يبين الفولطمتر جهدًا أقل من الجهد المقرر، فإن هذا يعني وجود انخفاض كبير في الجهد.

نتيجة الاختبار: يمكن تحديد موقع الخلل بواسطة قياس انخفاض الجهد بين القطب الموجب للبطارية من جهة، وبين طرف توصيل كل من الأجهزة المعنية المختلفة من جهة أخرى. ويفضل إعادة إجراء القياس مرة أخرى بعد إصلاح الخلل وإزالته.

٩-٢-٣ اختبار ملف الإشعال:

١- الاختبار البصري (بالمشاهدة):

ينزع كبل الإشعال من غطاء موزع الشرارة (طرف توصيل 4) ويلامس مع الأرضي (جسم المركبة)، ثم يدار المحرك بواسطة بادئ التشغيل.

يعطي ملف الإشعال العادي السليم شرارة طولها 7 mm على الأقل. أما في حالة ملف الإشعال ذي القدرة العالية، فلا يقل طول الشرارة الناتجة عن 10 mm.

٢- الاختبار بواسطة تغيير ثغرة الشرارة:

يركب ملف الإشعال على جهاز اختبار ملف الإشعال وتغير ثغرة الشرارة، حتى يتم التوصل إلى أكبر طول للشرارة. ولا يؤثر إخفاق الإشعال في هذا الفحص عند حدوثه. ويفضل إيجاد طول الشرارة لعدد مختلف من الشرارات، إذا كان جهاز اختبار ملف الإشعال يحتوي على تجهيزة ضبط لتغير عدد الشرارات.

وعندما تتراوح سرعة دوران المحرك في مجال نحو 5 000 r.p.m.، يجب أن تصل أطوال الشرارات إلى القيم التالية: 9 mm على الأقل لملفات الإشعال العادية، و 12 mm على الأقل لملفات الإشعال ذوات القدرات العالية. ويدل عدم التوصل إلى هذه القيم، على وجود خلل في ملف الإشعال.

٣- اختبار مقاومة الحمل

يفك ملف الإشعال ويوصل بجهاز اختبار ملف الإشعال، طبقًا لتعليمات الشركة المنتجة. وتوصل مقاومة حمل بين طرف التوصيل 4 لملف الإشعال، وجهاز الاختبار. ونظرًا لعدم وجود ثغرة للشرارة، فإن جهد الإشعال ينخفض عند المقاومة، ويمكن قراءة قيمته على جهاز القياس.

يمكن الاسترشاد بقيم جهد الإشعال التالية، إذا لم يكن هناك قيم أخرى محددة من قبل الشركة المنتجة.

للبطاريات 6 V: يتراوح جهد الإشعال بين 12 kV و 18 kV.

وللبطاريات 12 V: يتراوح جهد الإشعال بين 18 kV و 25 kV.

٩-٢-٤ اختبار مكثف الإشعال:

يجب أن تتوافر الشروط التالية في مكثف الإشعال، حتى يمكنه حجب الشرارات المنطلقة أثناء فتح قاطع التلامس:

١- سلامة العزل وخلوه من أي عيوب على الإطلاق.

٢- مقاومة ضئيلة، سواء في حالة توصيله على التوالي أو على التوازي.

٣- سعة مكثف صحيحة وملائمة لملف الإشعال.

اختبار عزل المكثف :

أ) باستخدام مصباح وماض ذي جهد منخفض . يتم توصيل المكثف مع مصباح وماض على التوازي بمنبع تيار كهربائي مستمر . وبهذا يتم شحن المكثف عن طريق المصباح الوماض . ويضيء المصباح أثناء الشحن .

تقييم (تحليل) نتائج الاختبار :

ينطفئ المصباح الوماض بعد انتهاء الشحن .
نتيجة الاختبار : عزل المكثف سليم .

يضيئ المصباح الوماض باستمرار أو يضيء بارتعاش أو بوميض خافت .
نتيجة الاختبار : وجود دائرة قصر (عطب تلامس) بين لوحي المكثف أو بين لوحي المكثف والأرضي (جسم المركبة) .

ب) باستخدام أوميتر .
يعاير الأوميتر ويوصل طبقا لتعليمات الشركة المنتجة ، لقياس المقاومة بين لوحي المكثف .
نتيجة الاختبار : يجب استبدال المكثف ، إذا قلت مقاومة العزل فيه عن 200 kΩ لعدم كفاية العزل .

اختبار وجود مقاومة توال في المكثف :

قد تنشأ مقاومة توال في المكثف نتيجة لوجود مقاومة تلامسية مرتفعة بين كبل التوصيل وألواح المكثف ، أو بين ألواح المكثف وطرف التوصيل بالأرضي (جسم المركبة) . وينشأ هذا غالبا من الحام السيئ للوصلات .

يفك المكثف كليا أو يفصل عن أطراف التوصيل ، ثم يوصل على جهاز اختبار المكثف . ويوضع المكثف تحت تأثير تيار عالي التردد ، عن طريق جهاز الاختبار .

نتيجة الاختبار : يعتبر المكثف سليما ، إذا قلت قيمة مقاومة التوالي فيه عن 0,5 kΩ . أما إذا زادت قيمة مقاومة التوالي للمكثف عن 0,5 kΩ ، فيجب استبداله في هذه الحالة . وإذا تغيرت قيمة المقاومة عند تحريك كبل التوصيل ، فإن هذا يدل على وجود تلامس سيئ بالكبل . ويستلزم هذا استبدال المكثف .

اختبار سعة المكثف :

يفك المكثف ويوصل على جهاز الاختبار الخاص بقياس سعة المكثف . وهنا يوضع المكثف تحت تأثير تيار متردد . تتناسب شدة التيار مع السعة ، في حالة ثبات كل من الجهد وتردد التيار . وتتراوح قيمة سعة المكثف السليم بين 0,23 µF و 0,32µF .

٩ – ٢ – ٥ اختبار زاوية السكون :

تعتمد قيمة جهد الإشعال على مقدار زاوية السكون ، لذا فإنه من الضروري ضبط زاوية السكون ، وخاصة في المحركات سريعة الدوران ، لضمان الحصول على جهد إشعال مرتفع كاف عند سرعات الدوران العالية .

زاوية السكون : هي الزاوية التي يظل فيها طرفا قاطع التلامس متصلين خلال زاوية بعد الإشعال (شكل ٣٢١ – ١) وتعرف زاوية بعد الإشعال بأنها تلك الزاوية التي يدورها عمود موزع الإشعال خلال دورة إشعال كاملة (زاوية الفتح + زاوية السكون) .

تحسب زاوية بعد الإشعال من العلاقة التالية :

$$\text{زاوية بعد الإشعال} = \frac{360^\circ}{\text{عدد أسطوانات المحرك}}$$

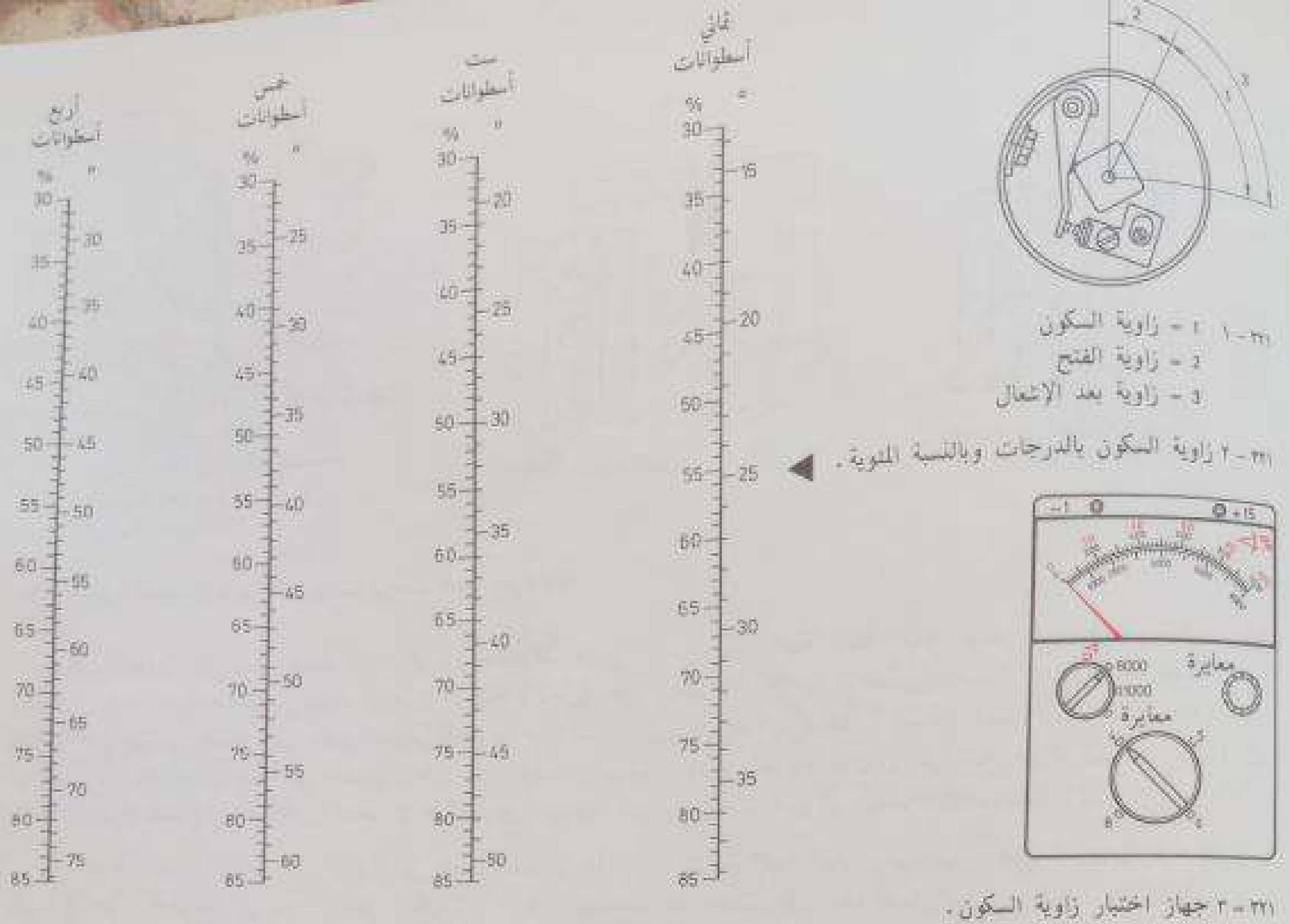
ويمكن كذلك إعطاء زاوية السكون كنسبة مئوية من زاوية بعد الإشعال . والصيغ الرياضية التالية توضح العلاقة بين النسبة المئوية لزاوية السكون ، وزاوية السكون بالدرجات (شكل ٣٢١ – ٢) :

$$\text{زاوية السكون بالنسبة المئوية} = \frac{\text{عدد الأسطوانات} \times \text{زاوية السكون بالدرجات}}{3{,}6}$$

$$\text{زاوية السكون بالدرجات} = \frac{\text{زاوية السكون بالنسبة المئوية} \times 3{,}6}{\text{عدد الأسطوانات}}$$

قيم موصى بها لزاوية السكون معطاة بالنسبة المئوية من زاوية بعد الإشعال :

محرك رباعي الأسطوانات : من 53% إلى 63% .
محرك سداسي الأسطوانات : من 60% إلى 75% .
محرك ثماني الأسطوانات : من 70% إلى 80% .



٣٢١ - ١   1 = زاوية السكون
2 = زاوية الفتح
3 = زاوية بعد الإشعال

٣٢١ - ٢ زاوية السكون بالدرجات وبالنسبة المئوية.

٣٢١ - ٣ جهاز اختبار زاوية السكون.

يتم ضبط زاوية السكون أساسا، باستخدام جهاز اختبار زاوية السكون. لأن استخدام مجس لهذا الغرض لا يعطي ضبطا دقيقا. ويؤدي تغيير خلوص التلامس بمقدار 0,1 mm، إلى إحداث تغير في زاوية السكون يتراوح بين 6° و 10°، تبعا لتصميم موزع الإشعال.

يجب توصيل جهاز اختبار زاوية السكون طبقا لتعليمات الشركات المنتجة، إما على طرفي التوصيل 1 و 15 (شكل ٣٢١ - ٣)، أو على طرف التوصيل 1 والأرضي (جسم المركبة).

يجب نزع كل من غطاء موزع الإشعال ودوار الموزع والغطاء الواقي من الغبار من موزع الإشعال، عند ضبط زاوية السكون. يفك البرغي الذي يثبت به قاطع التلامس على لوحة القاعدة، بالقدر الذي يسمح بتغيير البعد بين نقطتي قاطع التلامس.

يدار المحرك بواسطة بادئ التشغيل. ويغير خلوص التلامس حتى يتم التوصل إلى القيم المحددة لزاوية السكون ثم يربط برغي التثبيت بإحكام، ويعاد قياس زاوية السكون مرة أخرى.

ويراعى أن يتم الضبط على الحد الأدنى لحدود التفاوت المسموح به، نظرا لاحتمال اتساع زاوية السكون بعد انقضاء فترة على استخدام قاطع التلامس. وهناك تصميمات لموزع الإشعال تسمح بتغيير خلوص التلامس من خارج الموزع - بواسطة مسمار معايرة ملولب - أثناء دوران المحرك.

وينتج عن تصغير خلوص التلامس، كبر زاوية السكون وبالعكس فإن تكبير خلوص التلامس يؤدي إلى صغر زاوية السكون.

يجب مراعاة فحص توقيت (لحظة) الإشعال وضبطه إذا لزم الأمر، بعد كل تغيير في زاوية السكون. وينشأ الإشعال المتأخر عن تكبير زاوية السكون، بينما ينتج الإشعال المتقدم عن تصغير زاوية السكون.

لا يحدث في موزع الشرارة السليم ميكانيكيا تغير كبير في زاوية السكون عند تغيير سرعة الدوران. وإذا حدث تغير كبير في زاوية السكون، فإن هذا يكون ناتجا عن بلى حدبات عمود دوران الموزع أو بلى محمل عمود الدوران ويطلق على هذا التغير في زاوية السكون أيضا اسم «اختلاف وضع الحدبات».

القيم الموصى بها لاختلاف وضع الحدبات المسموح به:

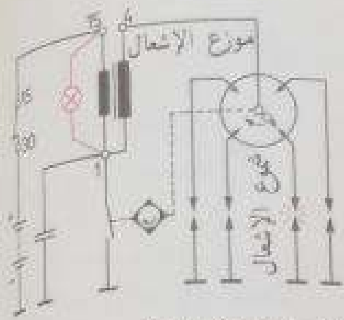
2% لموزع الإشعال في المحرك رباعي الأسطوانات.

3% لموزع الإشعال في المحرك سداسي الأسطوانات.

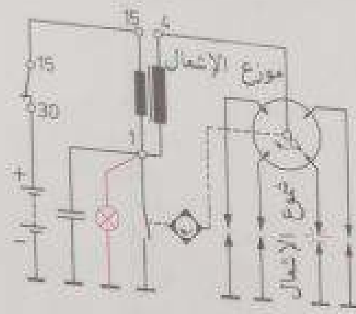
4% لموزع الإشعال في المحرك ثماني الأسطوانات.

٩ - ٢ - ٦ اختبار لحظة (توقيت) الإشعال

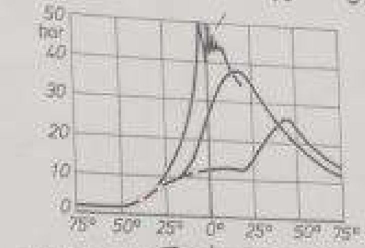
لحصول على أكبر قدرة ممكنة من المحرك مع أقل استهلاك للوقود، يجب حدوث الإشعال في اللحظة الصحيحة، عند كل سرعات دوران المحرك، وعند كل درجات تحميله.



٣٢٢ - ٣ الدائرة المعتمة



٣٢٢ - ٢ الدائرة المضيئة



a) إشعال (Ia) في اللحظة الصحيحة
b) إشعال (Ib) مبكر (متقدم)
c) إشعال (Ic) متأخر.

٣٢٢ - ١ توزيع الضغط في غرفة الاحتراق عند درجات مختلفة من توقيت الإشعال.

ويجب التوصل إلى أقصى ضغط للاحتراق بعد لحظة قصيرة من الوصول إلى النقطة الميتة العليا. ونظرا لأن خليط الوقود والهواء يحتاج إلى فترة زمنية محددة من ابتداء الاحتراق (لحظة الإشعال) حتى الوصول إلى الاحتراق الكامل، لذلك يجب ضبط لحظة الإشعال بدقة، حتى يتسنى الحصول على أقصى ضغط للاحتراق بعد لحظة قصيرة من مغادرة الكباس للنقطة الميتة العليا (شكل ٣٢٢ - ١a). وتتسبب شرارة الإشعال المبكرة في حدوث إشعال مبكر (متقدم) لخليط الوقود والهواء، مما يؤدي إلى كبح حركة الكباس بشدة، أثناء نهاية شوط الانضغاط، لأن أقصى ضغط للاحتراق يكون موجودا قبل وصول الكباس إلى النقطة الميتة العليا (شكل ٣٢٢ - ١b).

في حالة الإشعال المتأخر، يتم التوصل إلى أقصى ضغط للاحتراق بعد النقطة الميتة العليا بزمن طويل نسبيا، عندما يكون الكباس قد قطع جزءا محسوسا من شوط الشغل (شكل ٣٢٢ - ١c). وتتسبب كلتا الحالتين في زيادة معدل استهلاك الوقود مع انخفاض قدرة المحرك بدرجة كبيرة، كما تنشأ خطورة ارتفاع درجة حرارة المحرك عن معدلها الطبيعي.

اختبار لحظة (توقيت) الإشعال باستخدام مصباح الاختبار:

يمكن التوصل إلى ضبط أساسي، أو ضبط أثناء التركيب - بدقة كافية - لتوقيت الإشعال باستخدام مصباح الاختبار. ويطلق على هذا الاختبار أيضا اصطلاح «الضبط الاستاتي لحظة الإشعال». وهناك طريقتان لتوصيل مصباح الاختبار في دائرة كهربائية:

١ - الدائرة المضيئة (توصيلة الإضاءة)

يوصل مصباح الاختبار بين طرف التوصيل 1 لملف الإشعال وبين الأرضي (جسم المركبة) (شكل ٣٢٢ - ٢). يدار المحرك بعد ذلك يدويا وببطء في اتجاه دورانه، فنجد أن المصباح يضئ في لحظة انفصال نقطتي قاطع التلامس، نظرا لانتهاء وصل الدائرة بواسطة نقطتي قاطع التلامس.

فإذا أضاء المصباح قبل أن تصل علامة لحظة الإشعال المتحركة - الموضحة على محيط حذافة المحرك - إلى العلامة المناظرة الثابتة على جسم المحرك دل ذلك على إشعال متقدم (مبكر). أما إذا أضاء المصباح بعد أن تغادر علامة لحظة الإشعال المتحركة - الموضحة على محيط الحذافة - العلامة المناظرة الثابتة على جسم المحرك، فإن هذا يدل على إشعال متأخر.

٢ - الدائرة المعتمة (توصيلة الإعتام)

يوصل مصباح الاختبار بين طرف التوصيل 15 وطرف التوصيل 1 لملف الإشعال. ويجرى الاختبار بطريقة مماثلة لطريقة الدائرة المضيئة مع ملاحظة أن مصباح الاختبار في هذه الحالة يظل مضيئا وينطفئ لحظة انفصال نقطتي قاطع التلامس، نظرا لفصل توصيلة الطرف الأرضي (شكل ٣٢٢ - ٢).

اختبار لحظة (توقيت) الإشعال باستخدام جهاز اختبار زاوية السكون

ينحرف مؤشر جهاز اختبار زاوية السكون إلى أقصى قيمة له، عندما تكون نقطتا قاطع التلامس متصلتين، ويشير إلى الصفر عند انفصالهما. ويتم فحص لحظة الإشعال بطريقة مشابهة لطريقة الفحص بمصباح الاختبار.

ضبط لحظة (توقيت) الإشعال

يدار المحرك باليد ببطء في اتجاه دورانه، حتى تقع علامة لحظة الإشعال المتحركة - الموضحة على محيط حذافة المحرك - أمام العلامة المماثلة على مجمع الأسطوانات. يفك البرغي المثبت لموزع الإشعال، وتدار علبة الموزع في اتجاه معاكس لاتجاه دوران عمود الموزع، بالطرق عليها طرقا خفيفا، حتى يشير مصباح الاختبار أو جهاز قياس زاوية السكون إلى انفصال نقطتي قاطع التلامس.

يثبت موزع الإشعال في مكانه بواسطة البرغي، ثم يعاد اختبار لحظة (توقيت) الإشعال مرة أخرى بعد عملية الضبط هذه، عن طريق إدارة المحرك باليد، في اتجاه معاكس لاتجاه دورانه. ثم يجرى بعد ذلك اختبار لحظة الإشعال. وقد تلزم أحيانا إعادة ضبط لحظة توقيت الإشعال ثم إعادة اختباره.

اختبار لحظة (توقيت) الإشعال باستخدام المسدس الضوئي لضبط الإشعال

يتم ضبط لحظة الإشعال بواسطة المسدس الضوئي أثناء دوران المحرك، على عكس ضبط توقيت الإشعال بواسطة مصباح الاختبار، الذي يتم والمحرك ساكن «الاختبار الإستاتي».

من مميزات هذه الطريقة أن تتم جميع عمليات الضبط أثناء تشغيل المحرك، مما يساعد على أخذ تأثير الخلوص الميكانيكي في الاعتبار، كما هو الحال في مجموعة إدارة موزع الإشعال، على سبيل المثال. ويسمى اختبار لحظة (توقيت) الإشعال أثناء تشغيل المحرك أيضا «بالاختبار الديناميكي».

والمسدس الضوئي لضبط الإشعال عبارة عن مصباح ستروبوسكوبي. يقوم مرسل حثي بإطلاق نبضة تحكم في لحظة توقيت الإشعال في الأسطوانة الأولى، نتيجة لذلك تحدث ومضات مفردة قصيرة في المصباح الاستروبوسكوبي. وعند توجيه الوميض المتقطع للاستروبوسكوب على علامة لحظة الإشعال المتحركة - الموجودة على الحذافة - فإنها تظهر وكأنها ثابتة (ساكنة) (شكل ٣٢٣ - ١).

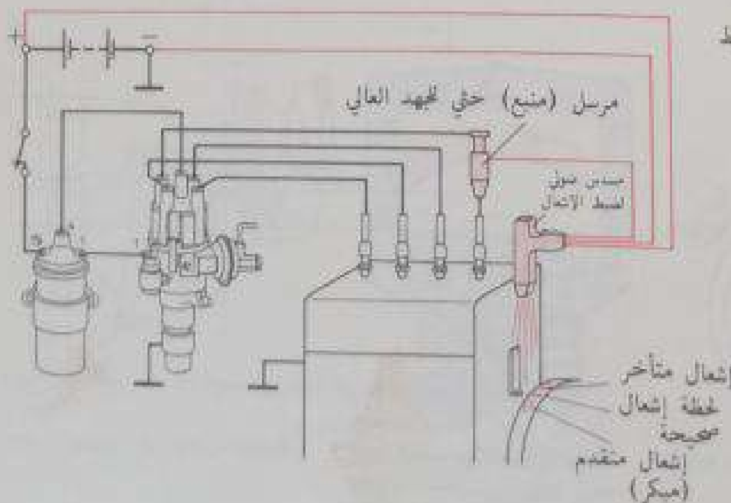
توصيل المسدس الضوئي لضبط الإشعال

يوصل المصباح الاستروبوسكوبي بطرفي توصيل البطارية. ويوصل المرسل الحثي إما بدائرة إشعال الأسطوانة الأولى، أو يتم وضع فكي المرسل الحثي حول كبل إشعال الأسطوانة الأولى. ويجرى الاختبار وضبط لحظة (توقيت) الإشعال عند سرعة الدوران المتولدة من بادئ التشغيل، إذا لم ينص على غير ذلك من الشركة المنتجة للمحرك. عند هذه السرعة، لا يحدث تغير في توقيت الإشعال عن طريق تجهيزة الضبط بالقوة الطاردة المركزية.

ولتفادي تشغيل المحرك أثناء الاختبار، يتم نزع جميع كبلات شموع الإشعال ماعدا الكبل الخاص بالأسطوانة الأولى.

خطوات الاختبار:

١ - يتم أولا نزع خرطوم الضغط المنخفض، الواصل بين المكربن وتجهيزة التعديل بتغيير الضغط المنخفض، في موزعات الإشعال التي تحتوي على مثل هذه التجهيزة، هذا طالما لم ينص على غير ذلك من قبل الشركة المنتجة للمحرك.
٢ - يجب فصل اتصال تجهيزة إعادة ضبط التأخر الزمني للوميض، الذي يستخدم لاختبار تجهيزات التعديل بالقوة الطاردة المركزية وتجهيزات التعديل بتغيير الضغط المنخفض، في حالة وجودها.
٣ - يدار المحرك بواسطة بادئ التشغيل.
٤ - يوجه وميض المسدس الضوئي لضبط الإشعال على علامة لحظة (توقيت) الإشعال المتحركة، الموجودة على محيط حذافة المحرك.
٥ - تكون لحظة الإشعال صحيحة، إذا وقعت علامة لحظة (توقيت) الإشعال المتحركة - الموضحة على محيط حذافة المحرك - أمام العلامة المماثلة الثابتة، الموجودة على جسم المحرك (شكل ٣٢٣ - ١).
٦ - في حالة عدم وقوع العلامتين أمام بعضهما، يدل هذا على وجود إشعال مبكر أو إشعال متأخر. ويتم التصحيح بتغيير وضع علبة موزع الإشعال.
٧ - يثبت بعد ذلك موزع الإشعال في مكانه بواسطة برغي التثبيت. ويعاد اختبار لحظة (توقيت) الإشعال، بعد التثبيت. ويتم الضبط مرة أخرى إذا لزم الأمر.



٣٢٣ - ١ فحص لحظة (توقيت) الإشعال باستخدام المسدس الضوئي لضبط الإشعال.

تشترط بعض الشركات المنتجة للمحركات أحيانا، إجراء اختبار لحظة (توقيت) الإشعال للمحرك عند سرعة الدوران الحر. في هذه الحالة يتم ضبط سرعة الدوران المحددة للدوران الحر، ثم يجرى الاختبار بطريقة مماثلة كما في حالة الاختبار عند سرعة دوران بادئ التشغيل.

كذلك يمكن إجراء الاختبار بنفس الطريقة، عند أي سرعة تحدد في مواصفات الاختبار من الشركة المنتجة للمحرك.

٩ - ٢ - ٧ اختبار تجهيزات تعديل لحظة الإشعال بالقوة الطاردة المركزية وبتغيير الضغط المنخفض

يظل الزمن اللازم لاحتراق خليط الهواء والوقود في المحرك احتراقا كاملا ثابتا تقريبا، طالما لم تتغير نسبة مكونات الخليط. وإذا تم تثبيت ضبط توقيت لحظة الإشعال عند زاوية إشعال معينة قبل النقطة الميتة العليا، فإن هذا يؤدي إلى تقدم اللحظة التي يتم فيها احتراق خليط الهواء والوقود احتراقا كاملا - وبالتالي لحظة الوصول إلى أقصى ضغط للاحتراق - إلى داخل شوط القدرة (الشغل). وتتزايد هذه الظاهرة كلما ارتفعت سرعة الدوران، مما يؤدي إلى انخفاض كبير في قدرة المحرك.

لذا يتم تعديل لحظة توقيت الإشعال، بإزاحتها في اتجاه الإشعال المبكر (المتقدم) مع ازدياد سرعة دوران المحرك، باستخدام تجهيزة تعديل لحظة الإشعال، التي تعمل بالقوة الطاردة المركزية.

كذلك يحصل المحرك على خليط ذي قابلية أقل للاشتعال، عند الأحمال الجزئية، مما يجعل احتراقه بطيئا. لذلك يجب أيضا تعديل لحظة الإشعال بالنسبة لتغير الحمل، والتي تم تقديمها من قبل بواسطة تجهيزة تعديل لحظة الإشعال بالقوة الطاردة المركزية، في اتجاه تقدم (تبكير) أكثر. ويتم هذا التقدم عن طريق تغيير الضغط المنخفض السائد في المكربن، والذي يصل إلى أقصى قيمة له عندما يكون صمام الخنق مفتوحا حتى منتصفه.

وينطبق الشرح التالي لخطوات الاختبار والفحص على موزع الإشعال الذي يحتوي على تجهيزات تعديل لحظة الإشعال بالقوة الطاردة المركزية وبتغيير مقدار الضغط المنخفض.

وتستخدم أجهزة الاختبار والفحص التالية لاختبار تجهيزات التعديل:

المسدس الضوئي لتوقيت الإشعال - تجهيزة لتحديد زاوية التعديل - مقياس سرعة الدوران - جهاز اختبار الضغط المنخفض.

اختبار تعديل لحظة الإشعال بالقوة الطاردة المركزية

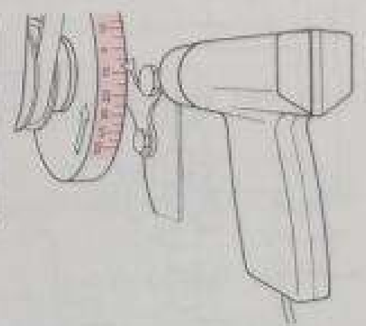
لإجراء قياس دقيق لزاوية التعديل، يشترط أن يكون الوضع الأساسي لحظة الإشعال صحيحا.

يوصل كل من المسدس الضوئي لضبط الإشعال ومقياس سرعة الدوران. وينزع خرطوم الضغط المنخفض، الذي يتم عن طريقه تقدم الإشعال. في حالة استخدام تعديل مزدوج مبكر ومتأخر، يتم نزع كلا خرطومي الضغط المنخفض.

يتم ضبط سرعة الدوران المحددة للفحص وتوجيه وميض المسدس الضوئي على علامة لحظة الإشعال المتحركة، الموجودة على محيط الحذافة. وتقارن قيم توقيت الإشعال المقاسة عند السرعات المحددة، بالقيم الموصى بها الواجب التوصل إليها. أما في حالة وجود انحراف عن ذلك، فيجب استبدال موزع الإشعال.

وفي المحركات المزودة بمقياس درجات متحرك مثبت على محيط حذافة المحرك، يدور مع الحذافة المزودة كذلك بعلامة ثابتة على جسم المحرك (شكل ٣٢٤ - ١)، نجد أن هذا المقياس يتحرك - عند تسليط وميض الاستروبوسكوب عليه - في اتجاه معاكس لاتجاه الدوران، عند ازدياد سرعة الدوران. وبذلك يمكن قراءة زاوية تعديل لحظة الإشعال بالدرجات المرقمية على التدريج.

في حالة استخدام المسدس الضوئي لضبط توقيت الإشعال ذي التجهيزة الخاصة بقياس زاوية التعديل، فإنه يتم تأخير الوميض الناتج عن المصباح الاستروبوسكوبي بواسطة جهاز متابع الكتروني حتى تتطابق علامة النقطة الميتة العليا على الحذافة المتحركة، مع العلامة الثابتة على جسم المحرك. بذلك يمكن قراءة توقيت الإشعال اللحظي، وبالتالي زاوية تعديل لحظة الإشعال بالدرجات المرقمية على مقياس التجهيزة (شكل ٣٢٤ - ٢).



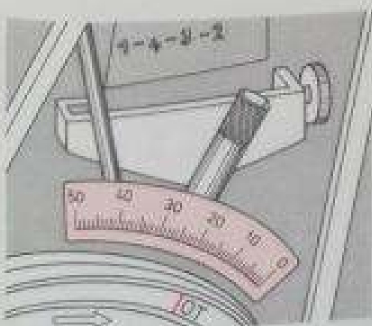
٣٢٤ - ١ مقياس الدرجات المتحرك



٣٢٤ - ٢ المسدس الضوئي لضبط توقيت الإشعال



٣٢٤ - ٣ مقياس الدرجات الثابت



٣٢٤ - ٤ مقياس التدريج القابل للتركيب

أما في حالة وجود مقياس درجات ثابت على جسم المحرك، ووجود علامة النقطة الميتة العليا على الحدافة المتحركة، فإننا نجد أن العلامة تتحرك في عكس اتجاه الدوران، عند ازدياد سرعة الدوران. بذلك يمكن تحديد توقيت الإشعال الخطي على مقياس الدرجات الثابت، وبالتالي زاوية التعديل بالدرجات المرقمة (شكل ٣٢٤ – ٣).

وفي حالة وجود علامات مميزة فقط للنقطة الميتة العليا على كل من الحدافة المتحركة وجسم المحرك الثابت، يمكن تحديد زاوية التعديل باستخدام مسدس ضوئي ذي تجهيزة خاصة لقياس زاوية التعديل كما ذكر من قبل.

وفي حالة وجود مسدس ضوئي بدون تجهيزة لقياس زاوية التعديل، يجب وضع تدرج متوائم مع المحرك في مكان مناسب على جسم المحرك (شكل ٣٢٤ – ٤). ويتم تعيين زاوية التعديل بالطريقة المذكورة من قبل.

وفي حالة وجود علامات مميزة مختلفة عن المذكورة أعلاه، فإن إجراء الاختبار يتم طبقا لتعليمات الشركة المنتجة للمحرك.

فحص تعديل لحظة الإشعال بتغيير مقدار الضغط المنخفض

يتم تقدم لحظة الإشعال باستخدام تجهيزة تعديل لحظة الإشعال بتغيير الضغط المنخفض، علاوة على التقدم الناتج عن التعديل بالقوة الطاردة المركزية.

ولا يمكن تحديد زاوية التعديل الناتجة عن التعديل بتغيير الضغط المنخفض، إلا بطرح زاوية التعديل الناتجة عن التعديل بالقوة الطاردة المركزية في كل حالة من زاوية التعديل الكلية.

يتم وضع جهاز لاختبار الضغط المنخفض في خط توصيل الضغط المنخفض بين المكربن وعلبة الضغط المنخفض. ويمكن أيضا تغيير مقدار الضغط المنخفض، بواسطة جهاز اختبار الضغط المنخفض، عن طريق صمام تنظيم (شكل ٣٢٥ – ١).

خطوات الاختبار:

١ – تزاد سرعة دوران المحرك، حتى يصل الضغط المنخفض إلى أقصى قيمة ممكنة. ويجب أن تظل سرعة الدوران هذه ثابتة طوال فترة الاختبار.

٢ – يتم قياس زاوية التعديل الكلية – الناتجة عن تجهيزة التعديل بالقوة الطاردة المركزية وعن تجهيزة التعديل بتغيير الضغط المنخفض – باستخدام المسدس الضوئي لضبط توقيت الإشعال.

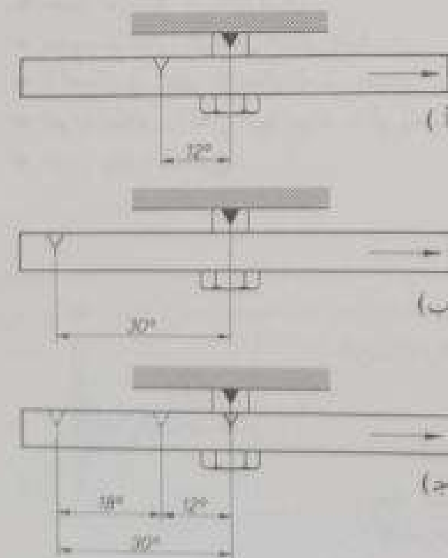
مثال: زاوية التعديل الكلية 30° (شكل ٣٢٥ – ٢أ).

٣ – يفتح صمام التنظيم في جهاز اختبار الضغط المنخفض ببطء، حتى تبدأ علامة لحظة الإشعال المتحركة في الانتقال في اتجاه تأخير الإشعال.

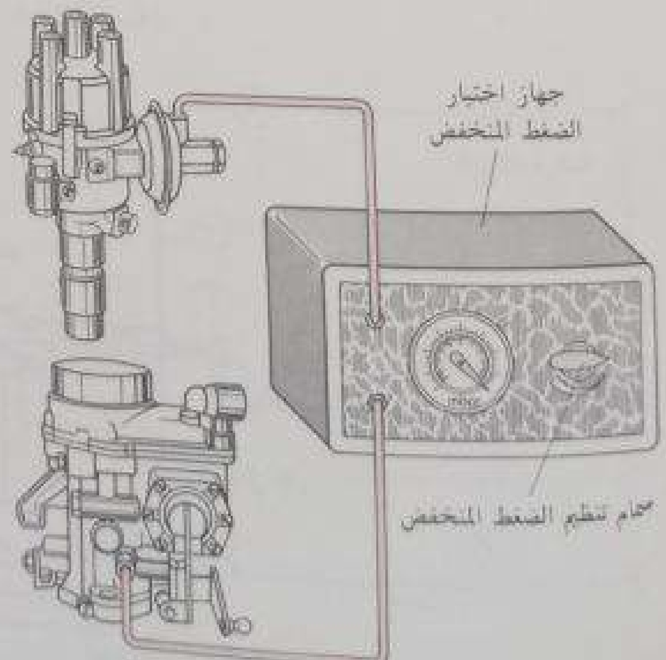
يوضح الضغط المنخفض المبين، نهاية التعديل بتغيير الضغط المنخفض. وتقارن القيمة المقاسة في هذه الحالة بالقيمة النظرية.

٤ – يفتح صمام التنظيم إلى مداه حتى يصل الضغط المنخفض إلى الصفر، وبذلك يتوقف تأثير تجهيزة التعديل بتغيير الضغط المنخفض على تعديل لحظة الإشعال، وتراقب سرعة دوران المحرك، ويتم إعادة ضبطها إذا لزم الأمر. ثم تقاس بعد ذلك زاوية التعديل الناتجة عن تجهيزة التعديل بالقوة الطاردة المركزية باستخدام المسدس الضوئي لتوقيت الإشعال.

مثال: 12° (شكل ٣٢٥ – ٢ب).



٣٢٥ – ٢ مجالات التعديل لتجهيزة التعديل بالقوة الطاردة المركزية وتجهيزة التعديل بتغيير الضغط المنخفض.
جهاز اختبار الضغط المنخفض
صمام تنظيم الضغط المنخفض



٣٢٥ – ١ قياس الضغط المنخفض

٥ - يحسب مدى التعديل الناتج عن تجهيزة تغيير الضغط المنخفض، بطرح قيمة الزاوية الناشئة عن تجهيزة التعديل بالقوة الطاردة المركزية من قيمة زاوية التعديل الكلية (التعديل الناتج عن تجهيزة القوة الطاردة المركزية وتجهيزة تغيير الضغط المنخفض (شكل ٣٢٥ - ٢ ج).

زاوية التعديل الكلية	30°
مطروحا منها زاوية تعديل تجهيزة القوة الطاردة المركزية	12°
مدى التعديل الناتج عن تجهيزة تغيير الضغط المنخفض	18°

٦ - يقفل صمام التنظيم - في جهاز اختبار التنظيم المنخفض - ببطء حتى تبدأ علامة لحظة الإشعال المتحركة في الانتقال في اتجاه الإشعال المبكر، وتراقب سرعة دوران المحرك، وتضبط إذا لزم الأمر. ويوضح الضغط المنخفض المبين بداية التعديل بتغيير الضغط المنخفض. تقارن في هذه الحالة القيمة المقاسة بالقيمة النظرية.

٩ - ٢ - ٨ اختبار توقيت الإشعال بواسطة مرسمة تذبذبات (الأوسيلوغراف) خاصة بالإشعال

يمكن توضيح منحنى جهد الإشعال بالنسبة للزمن في الملف الابتدائي، والملف الثانوي لدورة الإشعال بطريقة مرئية، باستخدام مرسمة تذبذبات الإشعال (أوسيلوغراف من طراز خاص). ويسهل استخدام مرسمة تذبذبات الإشعال عملية الفحص الشاملة والسريعة، وكذلك الحكم على حالة وأداء الأجزاء المختلفة لدورة الإشعال، بتوضيح جميع أطوار عملية الإشعال بطريقة مرئية.

يتم ذلك باستخدام الشعاع الإلكتروني (شكل ٣٢٦ - ١) في أنبوبة توليد حزمة أشعة إلكترونية (مدفعة إلكترونات)، لرسم تغير الجهد الخطي بدون تعويق ذاتي.

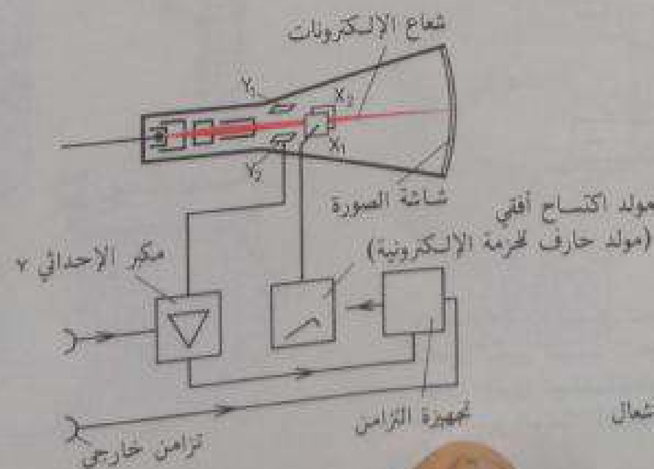
تتكون أنبوبة توليد الأشعة الإلكترونية أساسا من منبع للإلكترونات وتجهيزة تقوم بتحزيم - أي تجميع وتركيز - الأشعة الإلكترونية، وكذلك من زوج من الألواح الرأسية Y_1، Y_2، وزوج من الألواح الأفقية X_1، X_2.

يؤثر جهد منتظم التردد على زوج الألواح الأفقية X_1، X_2 عن طريق مولد اكتساح أفقي (مولد حارف للحزمة الإلكترونية). وبذلك يتحرك الشعاع الإلكتروني بطريقة منتظمة في الاتجاه الأفقي. وتمثل الحركة الأفقية للشعاع الإلكتروني إحداثي الزمن.

ويتم التحكم في الانحراف الأفقي للشعاع الإلكتروني باستخدام تجهيزة التزامن - على سبيل المثال - بحيث يعادل الوقت الذي يحتاجه الشعاع الإلكتروني للانتقال الأفقي عبر شاشة الصورة، مقدار دورة واحدة لعمود موزع الإشعال (360°). وبذا يمكن رسم جميع خطوات الإشعال خلال هذه الفترة الزمنية، التي تحدث أثناء دورتين لعمود مرفق المحرك رباعي الأشواط. وتوصل الجهود الناتجة أثناء عملية الإشعال على زوج الألواح الرأسية Y_1، Y_2. ويتناسب انحراف الشعاع الإلكتروني في الاتجاه الرأسي، مع الجهد المؤثر. بهذه الطريقة يتم رسم التوزيع الزمني لكل نبضة جهد على شاشة الصورة المزودة بمادة مضيئة.

وطبقا للأشكال التذبذبية الأساسية للدائرة الابتدائية والدائرة الثانوية، وكذلك طبقا للانحرافات الحاصلة عنها، فإنه يمكن تحديد الأخطاء وأعطال الأداء التالية:

- جهد إشعال وجهد إحراق الشرارة في كل أسطوانة على حدة.
- قطبية ملف الإشعال (مثل تبديل طرفي التوصيل 1 و 15 مع بعضهما).
- احتياطي جهد الإشعال (أقصى جهد عال لملف الإشعال).
- حالة العزل في دورة الإشعال.
- مقاومات دائرة الإشعال الكهربائية.
- الأعطال في ملف الإشعال (مثل حدوث دائرة قصر في سلك الملف أو انقطاع الملف).
- جودة المكثف (مثل خطأ سعته - أو وجود مقاومة توال فيه).
- مقدار زاوية السكون.



٣٢٦ - ١ شكل مبدأ توصيل مرسمة تذبذبات الإشعال

٥ – يحسب مدى التعديل الناتج عن تجهيزة تغيير الضغط المنخفض، بطرح قيمة الزاوية الناشئة عن تجهيزة التعديل بالقوة الطاردة المركزية من قيمة زاوية التعديل الكلية (التعديل الناتج عن تجهيزة القوة الطاردة المركزية وتجهيزة تغيير الضغط المنخفض (شكل ٣٢٥ – ٢ ج).

زاوية التعديل الكلية	30°
مطروحا منها زاوية تعديل تجهيزة القوة الطاردة المركزية	12°
مدى التعديل الناتج عن تجهيزة تغيير الضغط المنخفض	18°

٦ – يقفل صمام التنظيم – في جهاز اختبار التنظيم المنخفض – ببطء حتى تبدأ علامة لحظة الإشعال المتحركة في الانتقال في اتجاه الإشعال المبكر. وتراقب سرعة دوران المحرك، وتضبط إذا لزم الأمر. ويوضح الضغط المنخفض المبين بداية التعديل بتغيير الضغط المنخفض. تقارن في هذه الحالة القيمة المقاسة بالقيمة النظرية.

٩ – ٢ – ٨ اختبار توقيت الإشعال بواسطة مرسمة تذبذبات (الأوسيلوغراف) خاصة بالإشعال

يمكن توضيح منحنى جهد الإشعال بالنسبة للزمن في الملف الابتدائي، والملف الثانوي لدورة الإشعال بطريقة مرئية، باستخدام مرسمة تذبذبات الإشعال (أوسيلوغراف من طراز خاص). ويسهل استخدام مرسمة تذبذبات الإشعال عملية الفحص الشاملة والسريعة، وكذلك الحكم على حالة وأداء الأجزاء المختلفة لدورة الإشعال، بتوضيح جميع أطوار عملية الإشعال بطريقة مرئية.

يتم ذلك باستخدام الشعاع الالكتروني (شكل ٣٢٦ – ١) في أنبوبة توليد حزمة أشعة إلكترونية (مدفعة إلكترونات)، لرسم تغير الجهد المخطي بدون تعويق ذاتي.

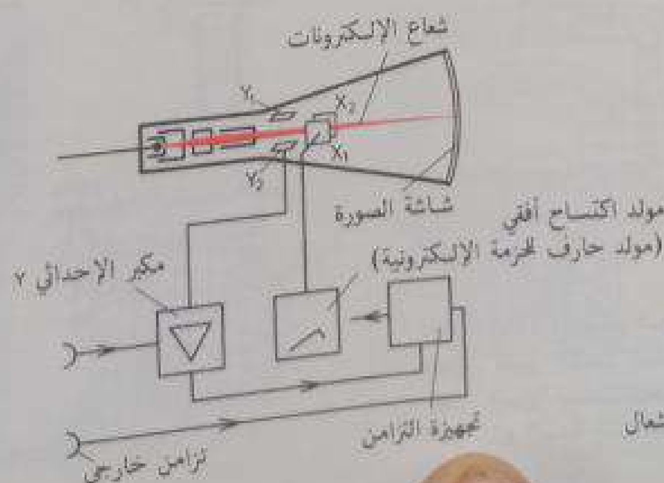
تتكون أنبوبة توليد الأشعة الالكترونية أساسا من منبع للإلكترونات وتجهيزة تقوم بتحزيم – أي تجميع وتركيز – الأشعة الإلكترونية، وكذلك من زوج من الألواح الرأسية Y_1، Y_2، وزوج من الألواح الأفقية X_1، X_2.

يؤثر جهد منتظم التردد على زوج الألواح الأفقية X_1، X_2 عن طريق مولد اكتساح أفقي (مولد حارف للحزمة الإلكترونية). وبذلك يتحرك الشعاع الالكتروني بطريقة منتظمة في الاتجاه الأفقي. وتمثل الحركة الأفقية للشعاع الالكتروني إحداثي الزمن.

ويتم التحكم في الانحراف الأفقي للشعاع الالكتروني باستخدام تجهيزة التزامن – على سبيل المثال – بحيث يعادل الوقت الذي يحتاجه الشعاع الالكتروني للانتقال الأفقي عبر شاشة الصورة، مقدار دورة واحدة لعمود موزع الإشعال (360°). وبذا يمكن رسم جميع خطوات الإشعال خلال هذه الفترة الزمنية، التي تحدث أثناء دورتين لعمود مرفق المحرك رباعي الأشواط. وتوصل الجهود الناتجة أثناء عملية الإشعال على زوج الألواح الرأسية Y_1، Y_2. ويتناسب انحراف الشعاع الالكتروني في الاتجاه الرأسي، مع الجهد المؤثر. بهذه الطريقة يتم رسم التوزيع الزمني لكل نبضة جهد على شاشة الصورة المزودة بمادة مضيئة.

وطبقا للأشكال التذبذبية الأساسية للدائرة الابتدائية والدائرة الثانوية، وكذلك طبقا للانحرافات الحاصلة عنها، فإنه يمكن تحديد الأخطاء وأعطال الأداء التالية:

- جهد إشعال وجهد إحراق الشرارة في كل أسطوانة على حدة.
- قطبية ملف الإشعال (مثل تبديل طرفي التوصيل ١ و 15 مع بعضهما).
- احتياطي جهد الإشعال (أقصى جهد عال لملف الإشعال).
- حالة العزل في دورة الإشعال.
- مقاومات دائرة الإشعال الكهربائية.
- الأعطال في ملف الإشعال (مثل حدوث دائرة قصر في سلك الملف أو انقطاع الملف).
- جودة المكثف (مثل خطأ سعته – أو وجود مقاومة توال فيه).
- مقدار زاوية السكون.



٣٢٦ – ١ شكل مبدأ توصيل مرسمة تذبذبات الإشعال

- اختلاف وضع الحدبات (مثل بلى الحدبات أو بلى محمل عمود دوران الموزع).
- حالة نقطتي قاطع التلامس (مثل بلى شديد نتيجة الاحتراق أو اصطكاك نقطتي التلامس).
- حالة شمعة الإشعال.
- حالة غرف الاحتراق وحالة تجهيزة تحضير خليط الوقود والهواء.

الرسم التذبذبي القياسي للدائرة الابتدائية والدائرة الثانوية

من الضروري معرفة الرسم التذبذبي القياسي (المعتاد) للدائرة الابتدائية والدائرة الثانوية، حتى يتسنى الحكم على الرسم التذبذبي الناتج وتحليله. ويمثل الرسم التذبذبي القياسي، أداء الدائرة الابتدائية والدائرة الثانوية لدورة إشعال خالية من الأعطال.

ونظرا لأن الدائرة الثانوية والدائرة الابتدائية لملف الإشعال مقترنتين بمحول، فإنه من الممكن الحكم على أداء الدائرة الابتدائية من الرسم التذبذبي للدائرة الثانوية.

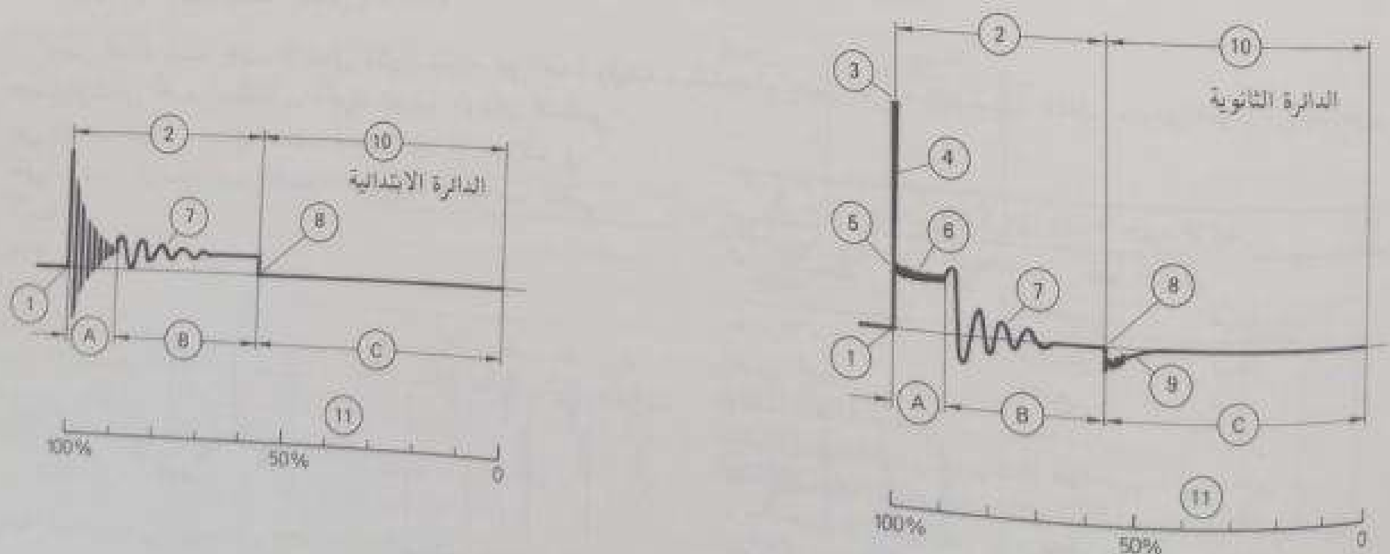
لذلك يفضل البدء باختبار الرسم التذبذبي للدائرة الثانوية، الذي يعطي أوضح وأدق المعلومات عن حالة ومقدرة دورة الإشعال.

يمكن تقسيم الرسم التذبذبي للدائرة الابتدائية والدائرة الثانوية إلى ثلاثة مراحل رئيسية (شكل ٣٢٧ - ١). وهي مرحلة الاشعال A ومرحلة الذبذبة المتضائلة B ومرحلة السكون (الانتهاء) C. تمثل النقطة 1 بدء فتح قاطع التلامس. ويظل قاطع التلامس مفتوحا خلال الفترة الزمنية للفتح 2. وينتج عن فتح قاطع التلامس، انقطاع مرور التيار في الدائرة الابتدائية. وبذلك يولد المجال المغنطيسي المتلاشي، جهد الإشعال في الملف الثانوي 3. ويزداد الجهد حتى يصل إلى أقصى قيمة له، عند انطلاق الشرارة بين إلكترودات شمعة الإشعال 4. ثم ينخفض الجهد بعد انطلاق الشرارة، إلى القيمة التي تسمح باستمرارها. ويطلق على هذه القيمة جهد الاحراق 5. يوضح طول خط جهد الاحراق 6، الفترة الزمنية التي تظل فيها الشرارة موجودة بين إلكترودات شمعة الإشعال. وتنقطع الشرارة عندما يهبط مخزون الطاقة المغنطيسية بملف الاشعال إلى الدرجة التي لا تسمح باستمرار الشرارة. وبعد انقطاع الشرارة تظهر مرحلة الذبذبة المتضائلة، التي تنتج من تأثير الطاقة المتبقية بملف الإشعال والطاقة المخزونة بمكثف الإشعال. ويكون المكثف والملف الابتدائي لملف الإشعال في هذه الحالة دائرة توال تذبذبية. وينتج عن تردد الطاقة المتبقية بين المكثف والملف الابتدائي لملف الإشعال (عندما يكون قاطع التلامس مفتوحا)، ذبذبة متضائلة للغاية 7. وبعد انتهاء زمن الفتح 2، تقفل نقطتا التلامس 8. وعقب قفل قاطع التلامس يتولد جهد صغير من جراء تأثير نمو المجال المغنطيسي بالملف الثانوي. ويكون هذا الجهد مصحوبا بذبذبة ذات تردد مرتفع 9. تظل نقاط قاطع التلامس متصلة أثناء فترة السكون 10. ويمكن تحديد زاوية السكون 11 على المقياس المدرج الخاص بذلك، كنسبة مئوية أو بالدرجات، تبعا لنوع التدرج.

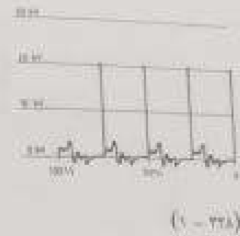
اختيار الصورة

يمكن الحصول على أربع ترتيبات مختلفة للرسوم التذبذبية - سواء للدائرة الابتدائية أو الدائرة الثانوية - بواسطة مفتاح اختيار الصور. ويوضح شكل ٣٢٨ - ١ دورة الإشعال لجميع الأسطوانات. وعند توصيل طرف توصيل تجهيزة التزامن بشمعة الإشعال الأولى، يظهر الرسم التذبذبي للأسطوانة الأولى في أقصى اليسار، وتتبعه الرسوم التذبذبية للأسطوانات الأخرى طبقا لتتابع الإشعال.

وتظهر قفزة جهد الإشعال للأسطوانة الأولى في أقصى اليمين على الشاشة. ويرجع هذا إلى استخدام نبضة إشعال الأسطوانة الأولى لتوليد نبضة موجهة، تجعل أثر الصورة يبدأ في أقصى اليسار.

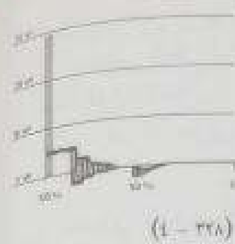


٣٢٧ - ١ الرسم التذبذبي القياسي للدائرة الثانوية والدائرة الابتدائية


(١ - ٣٢٨)


(٢ - ٣٢٨)


(٣ - ٣٢٨)


(٤ - ٣٢٨)

٣٢٨ - ١ إلى ٤ احتمالات ترتيب الرسوم التذبذبية للإشعال.

يمثل شكل ٣٢٨ - ٢ منحنى جهد الاشعال بالنسبة لأسطوانة واحدة على عرض الشاشة كله. ولتتبع التغير في جهد الإشعال بدقة، يمكن ضبط عملية الإشعال لكل أسطوانة على حدة. كذلك يمكن قياس الجهود الناتجة خلال عملية الاشعال وقياس زاوية السكون، عن طريق معايرة مرسمة التذبذبات.

يمثل شكل ٣٢٨ - ٣ منحنى جهد الإشعال أثناء دورة إشعال واحدة بنظام الشبكة، أي أن جميع عمليات الإشعال مرتبة فوق بعضها البعض. وباستخدام نظام الشبكة هذا يمكن مقارنة أداء الأسطوانات المختلفة بطريقة واضحة ومحددة، واكتشاف الخطأ الموجود في أي من الأسطوانات بمنتهى السهولة، عن طريق المقارنة بالأشكال الناتجة من الأسطوانات الأخرى.

يوضح شكل ٣٢٨ - ٤ تجميع (تداخل) عمليات الاشعال لجميع الأسطوانات. ويمكن بهذا الشكل إظهار الأعطال الميكانيكية لموزع الإشعال.

الأعطال في دورة الإشعال بالملف ورسومها التذبذبية:

إذا اتضح انحراف عن الرسم التذبذبي القياسي وفي الملف الابتدائي والثانوي لجميع الأسطوانات، فإن هذا يدل على وجود عطل في المنطقة الواقعة بين طرف التوصيل 15 الخاص بملف الإشعال، وبين مدخل الموزع بما في ذلك دوار موزع الاشعال.

أما إذا ظهر الانحراف في الرسم التذبذبي القياسي وفي الملفين الابتدائي والثانوي لأسطوانة واحدة أو أكثر، فإن هذا يدل على وجود عطل في المنطقة الواقعة بعد دوار موزع الإشعال.

توصيل مرسمة تذبذبات الإشعال:

لحصول على الرسم التذبذبي للدائرة الابتدائية، يتم توصيل كبل مولد (منبع) الجهد، بطرف التوصيل 1 لملف الإشعال. ولحصول على الرسم التذبذبي للدائرة الثانوية، يتم توصيل مولد الجهد العالي بين طرف التوصيل 4 لملف الاشعال، وطرف التوصيل 4 لموزع الإشعال.

توصيل تجهيزة التزامن: (مولد نبضات تزامني)

يوصل طرف توصيل قادح النبضات مع دائرة الإشعال الخاصة بشمعة الإشعال الأولى، ويوضع هذا المنبع - في حالة منبع النبض الفكي - حول طرف توصيل دائرة الإشعال للأسطوانة الأولى.

ويوصل كبل الأرضي مع طرف توصيل أرضي (جسم المركبة) توصيلا محكما.

١ - جهود الإشعال المختلفة (شكل ٣٢٩ - ١)

يمكن تحديد قيمة جهد الإشعال لكل أسطوانة على حدة وقياسه، باستخدام جهاز مرسمة التذبذبات المعاير. ومن المهم أن يتساوى جهد الاشعال لجميع أسطوانات المحرك تقريبا. ويمكن التغاضي عن الاختلاف في حدود 2kV. أما إذا زاد الاختلاف في جهود إشعال الأسطوانات المختلفة عن ذلك، فيجب تقصي الأسباب.

العوامل المؤثرة على ارتفاع جهود الإشعال

العامل المتسبب	جهد الإشعال	
	منخفض	مرتفع
مقدار الانضغاط	منخفض	مرتفع
تكوين الخليط	صحيح	فقير
توقيت (لحظة) الإشعال	متقدم	متأخر
شكل الإلكترودات	لها حواف	مستديرة
حالة الإلكترودات	جديدة	محترقة
درجة حرارة الإلكترودات	مرتفعة	منخفضة
الثغرة بين الإلكترودات	صغيرة	كبيرة
كبل الإشعال	—	مقطوع

ترتفع الكفاية الحجمية لأسطوانات المحرك نتيجة لدفع دعسة الوقود لحظات قصيرة. ويحدث ذلك أثناء تسارع المحرك، مما يؤدي بدوره إلى زيادة الحاجة إلى زيادة الجهد اللازم للإشعال. ويجب أن يتساوى الارتفاع في جهد الإشعال اللازم لجميع الأسطوانات تحت تأثير هذا التحميل الفجائي المتقطع. وإذا زاد مقدار قفزة جهد الإشعال لأحد الأسطوانات بمقدار أكبر من 2kV حتى 3kV عن بقية قفزات جهود الإشعال للأسطوانات الأخرى، فإن هذا يدل على احتمال وجود احتراق شديد في إلكترودات شمعة إشعال هذه الأسطوانة. أما إذا انخفضت القيمة بمقدار 2kV حتى 3kV عن بقية الأسطوانات، فيدل هذا على وجود عطب في عازل شمعة الإشعال هذه.

٢ ـ مقاومة التوالي للمكثف (شكل ٣٢٩ ـ ٢)

إذا أظهر الرسم التذبذبي لجميع الأسطوانات درجة جهد قبل قفزة جهد الإشعال، فإن هذا يدل على وجود مقاومة توال مع المكثف. ويمكن أن تنشأ هذه المقاومة عن طريق التوصيل السيئ بين كبل التوصيل والطبقة المغطية للمكثف، أو بين الطبقة المغطية للمكثف والتوصيلة الأرضية. ويمكن أيضاً أن تتسبب أطراف التوصيل المؤكسدة بين موزع الإشعال والمكثف ـ أو بين المكثف والأرضي ـ في ارتفاع مقاومة التوالي للمكثف. وتتسبب مقاومة التوالي المرتفعة هذه في إبطاء عملية شحن المكثف أثناء فتح نقطتي قاطع التلامس ويصبح المكثف بطيء الأداء (بليداً). وتتولد شرارة بين نقطتي قاطع التلامس لحظات قصيرة، مما قد يؤدي إلى تغير لون النقطتين إلى اللون الأزرق بمرور الوقت، كما قد يؤدي إلى احتراقها. ويمكن التعرف على وجود مقاومة توال مرتفعة للمكثف أيضاً، من خلال الشكل الناتج عن الدائرة الابتدائية.

٣ ـ قطبية ثانوية معكوسة (شكل ٣٢٩ ـ ٣)

تنشأ قطبية معكوسة في شمعة الإشعال، إذا تم تبديل طرفا التوصيل 15 و 1 ببعضهما. ويؤدي هذا إلى انقلاب الرسم التذبذبي رأساً على عقب، مقارنة بالرسم التذبذبي القياسي. ويمكن أن يتسبب انعكاس القطبية في رفع الجهد اللازم للإشعال بمقدار 40%. الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى إخفاق الإشعال.

٤ ـ أعطاب عزل الجهد العالي (شكل ٣٢٩ ـ ٤)

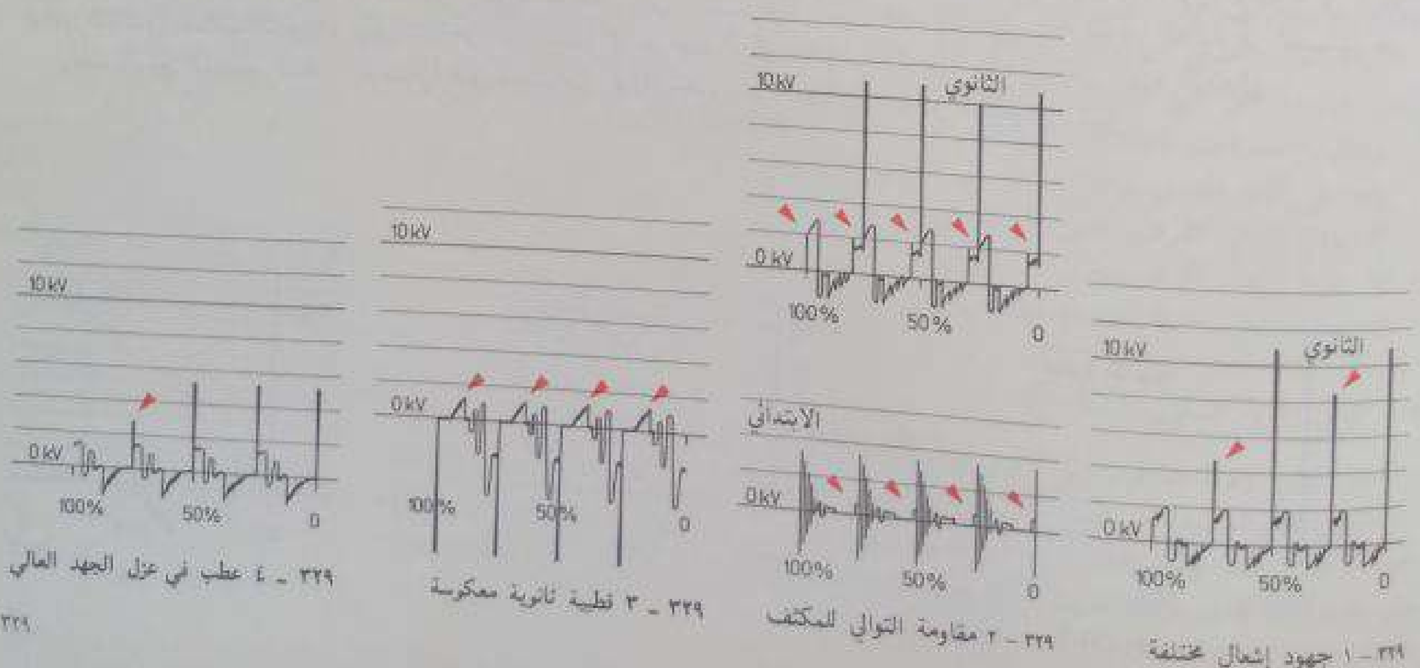
يؤدي وجود عطب في عزل الجهد العالي بشمعة إشعال إحدى الأسطوانات إلى انخفاض قفزة جهد الإشعال لهذه الأسطوانة، وكذلك إلى انخفاض مستوى خط جهد الاحتراق قليلاً. ويرجع هذا إلى قفز شرارة الإشعال في منطقة العطب قبل تشكل جهد إشعال كاف عند إلكترودي شمعة الإشعال

٥ ـ اختبار عزل الجهد العالي (شكل ٣٣٠ ـ ١)

لإجراء فحص دقيق على عزل الجهد العالي، يخلع الكبل الموصل لكل شمعة من شموع الإشعال، واحدة تلو الأخرى، مع مراعاة عدم وجود أية مسافة صغيرة في دائرة الإشعال تكفي لعبور الشرارة منها.

في حالة العزل السليم تتولد اهتزازة كبيرة متضائلة، تصل أقصى قيمة لها إلى 20 kV على الأقل. وتسمى هذه القيمة باحتياطي جهد الإشعال. وهي تمثل أقصى جهد يمكن أن يعطيه ملف الإشعال.

يؤدي وجود عطب في العزل، إلى عدم ظهور ذبذبة أو توليد ذبذبة صغيرة لا تهبط قيمها تحت خط الصفر.

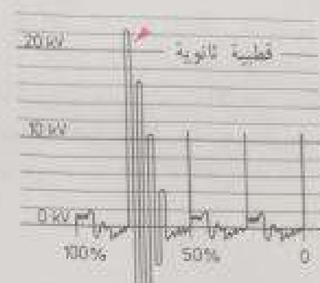


٣٢٩ ـ ١ جهود إشعال مختلفة

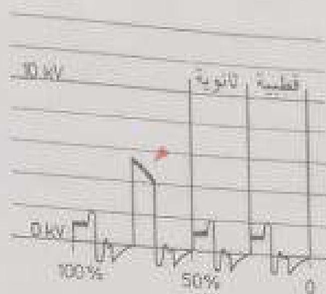
٣٢٩ ـ ٢ مقاومة التوالي للمكثف

٣٢٩ ـ ٣ قطبية ثانوية معكوسة

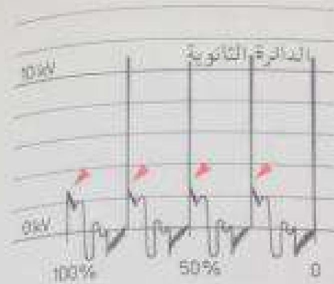
٣٢٩ ـ ٤ عطب في عزل الجهد العالي



٣٣٠ – ١ اختبار عزل الجهد العالي.



٣٣٠ – ٢ تأثير الرصاص المترسب على شموع الإشعال.



٣٣٠ – ٣ عطب مقاومات منع الشرر

٦ – تأثير الرصاص المترسب على شموع الإشعال (شكل ٣٣٠ – ٢)

يدل اختفاء قفزة جهد الإشعال في حالة المحرك الساخن ووجود جهد إحراق عال ومنحدر (مائل) نسبياً، على وجود رواسب من الرصاص على إلكترودات شموع الإشعال. وعندما ترتفع درجة حرارة شمعة الإشعال، تصبح طبقة الرصاص موصلة، مما يؤدي إلى وجود توصيلة على التوازي لتيار شرارة الإشعال. ويؤدي هذا بالتالي إلى إخفاق الإشعال.

٧ – أعطاب مقاومات كبت التداخل (شكل ٣٣٠ – ٣)

عندما ترتفع قيمة جهد الإحراق قليلاً، وعندما يكون خط (منحنى) هذا الجهد مائلاً، فإن هذا يعني وجود مقاومة عالية، أكبر من الحد المسموح به في دائرة الإشعال، ويؤدي ذلك إلى انخفاض شديد في قدرة الإشعال.

ويدل حدوث هذا العيب في أسطوانة واحدة على وجود العطب بين موزع الإشعال وشمعة الإشعال (مقاومة كبت الشرر). أما إذا ظهر هذا العيب في جميع الأسطوانات، فإن هذا يدل على وجود عطب بين ملف الإشعال وموزع الإشعال (قابس كبت الشرر وتوصيلات المقاومة ومقاومة كبت الشرر في دوّار الموزع).

وقد ينتج عن أي فصل (انقطاع) في مقاومة كبت الشرر، توليد ثغرة شرارة متقدمة، تؤدي إلى رفع جهد الإشعال بدرجة أكبر، إلى جانب الوضع المائل لخط جهد الإحراق.

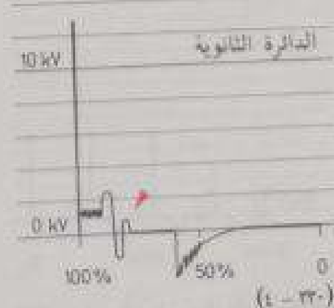
٨ – الاتصال (دائرة القصر) الأرضي لمكثف الإشعال (شكل ٣٣٠ – ٤)

في حالة وجود اتصال (دائرة قصر) أرضي بمكثف الإشعال، فيتوقف أداء قاطع التلامس، ومن ثم لا يمكن حدوث شرارة. أما في حالة وجود عطب في مقاومة العزل لمكثف الإشعال (دون 2 kΩ)، فإن تضاؤل الذبذبة في الرسم التذبذبي لكل من الدائرتين الابتدائية والثانوية يصيبه تخميد كبير، كما يحدث خفض لعدد الذبذبات بهما.

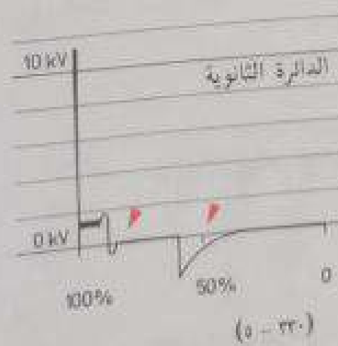
٩ – دائرة القصر في الملف الابتدائي (شكل ٣٣٠ – ٥)

يؤدي وجود دائرة قصر بالملف الابتدائي لملف الإشعال (وجود اتصال كهربائي بين لفيفتين) إلى تخميد تضاؤل الاهتزاز في الرسم التذبذبي لكل من الملفين الابتدائي والثانوي بصورة شديدة. وإلى جانب هذا تختفي الذبذبة ذات سعة التردد العالية أو تتضاءل من الرسم التذبذبي للملف الثانوي، والتي تتداخل (تتراكب) في مرحلة السكون، وهي المرحلة الأخيرة من دورة الإشعال.

يأخذ الرسم التذبذبي للملف الابتدائي صورة مشابهة لحالة وجود دائرة قصر أرضية في مكثف الإشعال.



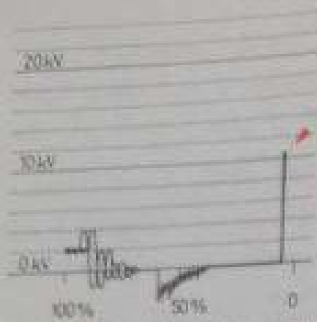
(٣٣٠ – ٤)



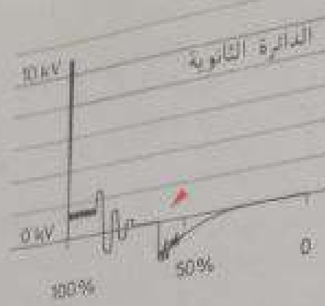
(٣٣٠ – ٥)



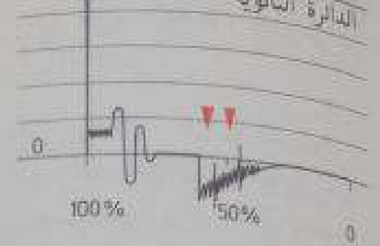
(٣٣٠ – ٦)



٣٣١ - ٣ اختلاف تحاذي (ترحيل) حدبات عمود دوران موزع الإشعال.



٣٣١ - ٢ تلوث نقطتي قاطع التلامس



٣٣١ - ١ اصطكاكات نقاط التلامس.

١٠ - انقطاع الملف الثانوي (شكل ٣٣٠ - ٦)

عند انقطاع لفات الملف الثانوي، نجد أن تضاؤل الذبذبة ومرحلة السكون (الأخيرة) تبدوان ضعيفتان، أو قد لا توجدان إطلاقا. وتختفي التذبذبات المتراكبة ذات التردد العالي في مرحلة السكون (الأخيرة).

١١ - اصطكاك نقاط التلامس (شكل ٣٣١ - ١)

يمكن أن يحدث اصطكاك نقاط التلامس في حالة وجود عطب في نابض قاطع التلامس. وينتج عن هذا نبض نقاط التلامس خلال فترة السكون. ويعني هذا أن نقاط قاطع التلامس تفتح وتغلق عدة مرات متتالية. ويؤدي هذا بالتالي إلى تقطع التيار الكهربائي الابتدائي لحظات قصيرة. يتضح هذا من الرسم التذبذبي الابتدائي والثانوي في صورة تذبذبات قوية في مرحلة السكون (الأخيرة) لدورة الإشعال.

١٢ - تلوث نقطتي قاطع التلامس أو احتراقهما (شكل ٣٣١ - ٢)

يؤدي تلوث نقطتي قاطع التلامس أو احتراقهما الشديد إلى سوء اتصال التلامس عند الاغلاق، مما يؤدي بدوره إلى تأخر مرور التيار الكلي، وبالتالي إلى تأخر تكوين المجال المغنطيسي. ويظهر ذلك في كل من الرسم التذبذبي الابتدائي والثانوي في صورة تشوهات في بداية مرحلة السكون.

١٣ - اختلاف وضع حدبات عمود دوران موزع الإشعال (شكل ٣٣١ - ٣)

بغض النظر عن بعض التصميمات الخاصة، نجد أن بُعد الإشعال يكون متساويا في موزعات الإشعال. ويعني هذا أنه يبلغ:

- 90° في موزع الشرارة بالمحرك رباعي الأسطوانات.
- 60° في موزع الشرارة بالمحرك سداسي الأسطوانات.
- 45° في موزع الشرارة بالمحرك ثماني الأسطوانات.

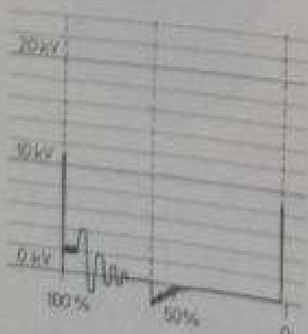
ويتم تسجيل الرسوم التذبذبية متداخلة لجميع الأسطوانات عند قياس اختلاف وضع الحدبات، هذه التي تظهر في صور مزدوجة واضحة على الرسم التذبذبي. وفي حالة التصميمات الخاصة لأعمدة موزعات الإشعال التي تحتوي على اختلاف في بُعد الإشعال، تكون أوضح ما يمكن عند قفزة جهد الإشعال، وفي مرحلة السكون.

ويعني ظهور الصور المزدوجة غير الواضحة، وجود اختلاف وضع (ترحيل) في الحدبات، ناشئ عن بلى أسطح الحدبات نفسها، أو ازدياد خلوص محمل عمود دوران موزع الإشعال.

ويمكن تحديد مدى اختلاف وضع الحدبات على مقياس تدرج مئوي.

وفيما يلي القيم الموصى بها لاختلاف وضع الحدبات المسموح به:

- 2% لموزع إشعال المحرك رباعي الأسطوانات.
- 3% لموزع إشعال المحرك سداسي الأسطوانات.
- 4% لموزع إشعال المحرك ثماني الأسطوانات.



٣٣١ - ٤ قياس زاوية السكون.

١٤ - قياس زاوية السكون (شكل ٣٣١ - ٤)

يمكن قياس زاوية السكون من الرسم التذبذبي الابتدائي أو الثانوي على حد سواء. ولإجراء القياس يتم مد (بسط) عملية إشعال واحدة، بحيث تظهر في الرسم التذبذبي الثانوي قفزة جهد الإشعال عند قراءة 100% أو 0%. كذلك يمكن تحديد زاوية السكون بالدرجات لكل أسطوانة في ... المجهزة بمقياس للدرجات لمختلف عدد الأسطوانات في

ويتم عمليتا الفحص والاختبار في أماكن متعددة من مراحل الإنتاج، وعند نهاية الإنتاج تجرى موازنة الإطارات، ويشار إلى المواقع الخفيفة بنقطة حمراء أو نقطتين. ويجب مراعاة وجود صمام الهواء في هذا المكان عند تركيب الإطار على طوق العجلة، وبالرغم من هذا، فمن الممكن أن يبقى في العجلة ككل (الإطار وطوق العجلة) قدر من عدم الاتزان الإستاتي أو الديناميي.

موازنة العجلة والإطار (شكل ٢٣٢ ـ ١ أ إلى جـ): ويمكن بواسطتها التخلص من آثار القفز والنبض والتعثر، الناشئة عن وعورة الطريق. فازدياد سرعة السيارة يعني ازدياد سرعة دوران العجلات، مما يؤدي إلى زيادة التأثير الناتج عن عدم الموازنة الموجودة في أي جزء كسطح السير مثلا. ويعطي المثال العددي التالي صورة لقيم القوى التي يمكن أن تظهر كنتيجة لعدم التوازن.

مثال: وضعت كتلة موازنة مقدارها 40 g على حافة طوق عجلة، بحيث تبعد 160 mm عن المركز، لإزالة عدم اتزان قدره 25 g على مدامس (سطح سير) عجلة ذات إطار مقاسه 12—5,20. احسب القوة التي أمكن بذلك معادلتها عند السير بسرعة 100 km/h.

الحل: من العلاقة التالية:

$$v = \frac{d \cdot \pi \cdot n \cdot 3600}{60 \cdot 1000} \text{ km/h}$$

ينتج:

$$n = \frac{v \cdot 60 \cdot 1000}{d \cdot \pi \cdot 3600} \text{ r.p.m.} = \frac{100 \cdot 60 \cdot 1000}{0{,}53 \cdot \pi \cdot 3600} = 1000 \text{ r.p.m.}$$

(القطر الديناميي المؤثر للإطار «12—5,20» هو 530 mm)

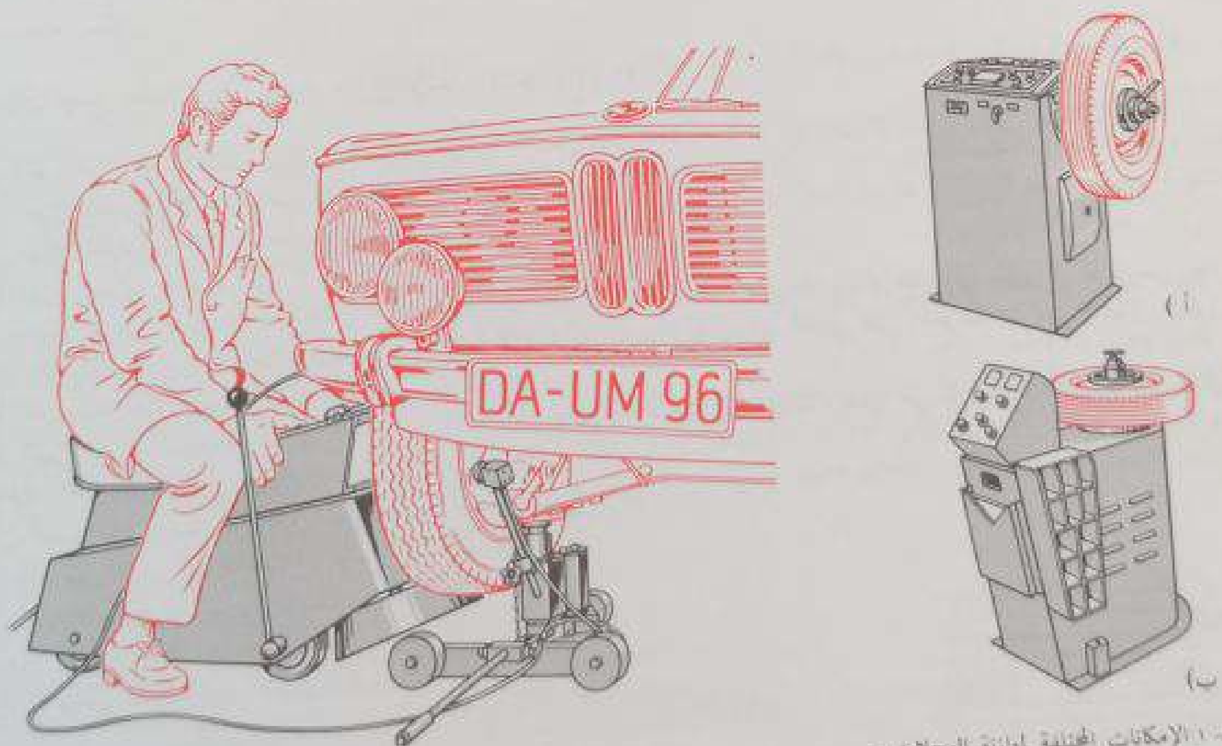
السرعة المحيطية للكتلة 40 g:

$$v_u = \frac{2r \cdot \pi \cdot n}{60} \text{ m/s} = \frac{0{,}32 \cdot \pi \cdot 1000}{60} \text{ m/s} = \frac{32}{6} \cdot \pi \text{ m/s} = 16{,}75 \text{ m/s}$$

وتبلغ القوة الطاردة المركزية في هذه الحالة:

$$F_{cf} = \frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{0{,}04 \text{ kg} \cdot (16{,}75 \text{ m/s})^2}{0{,}16 \text{ m}} = 70{,}14 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} = 70{,}14 \text{ N}$$

ويتضح من المثال أن العجلة تتحرك في الاتجاه الذي يحدده تعليق العجلة تحت تأثير قوة تبلغ تقريبا 70 N عند سرعة 100 km/h. وتزداد هذه القوة إلى 100 N تقريبا عند ارتفاع السرعة إلى 120 km/h؛ كنتيجة لتأثير عدم الاتزان الاستاتي. وقد ينتج عن ذلك بلى سريع سابق لأوانه للإطارات وتأثير سيء على توازن سير المركبة بسرعات كبيرة. لذلك يجب موازنة عجلات سيارات ركوب الأشخاص.



٢٣٢ ـ ١ الإمكانات المختلفة لموازنة العجلات:
أ) مكنة إلكترونية شائعة الاستخدام، وفيها تدور العجلة في ظروف مماثلة لدورانها في السيارة.
ب) مكنة تعمل دون تثبيتها على قاعدة خرسانية، وبذلك يمكن نقلها من مكان لآخر. ولتم مركزة العجلة بسهولة بحيث يمكن الاستغناء عن أي أجهزة مساعدة. وإلى جانب ذلك تمتاز المكنة بقصر وقت التركيب، وقلة الإجهادات المؤثرة على عمود الإدارة وتحامله.
جـ) إجراء الموازنة مع بقاء الإطار مركب في مكانه بالسيارة. ويتم بهذه الطريقة معالجة عدم التوازن الموجود في جميع الأجزاء التي تدور مع العجلة، مثل دارة الفرملة أو أقراصها، أو أعمدة الإدارة. وغالبا ما تحتاج العجلات التي تمت موازنتها على مكنات ثابتة، إلى موازنة أخرى بهذه الطريقة.

من الضروري أن يحصل المحرك على الـكمية اللازمة من الوقودة وهواء الاحتراق عند كل سرعة وعند كل تحميل. وهذا يعني أنه يجب خلط الوقود والهواء طبقا لاحتياج كل حالة من حالات التشغيل، ثم تغذى كل غرفة من غرف الاحتراق داخل أسطوانات المحرك بهذا الخليط. بذلك يمكن الحصول على القدرة المثلى للمحرك بأقل استهلاك للوقود. ويجب أيضا مراعاة نسب مكونات غازات العادم، وعدم تخطي القيم المسموح بها في تعليمات المرور، ويراعى اتباع التسلسل التالي في فحص مجموعة تحضير الخليط.

١ - اختبار مضخة الوقود.

٢ - اختبار المكربن.

٣ - اختبار مكونات غازات العادم.

٩ - ٣ - ١ اختبار مضخة الوقود

ضغط مضخة الوقود (قدرة الضخ). تناسب أجهزة اختبار الضغط المزودة بمحبس ذي ثلاث سكك اختبارات مضخة الوقود وخط توصيل الوقود والمكربن (شكل ٣٣٣ - ١). ويتراوح مجال القياس للمانومتر بهذه الأجهزة بين 0 bar و 0,6 bar.

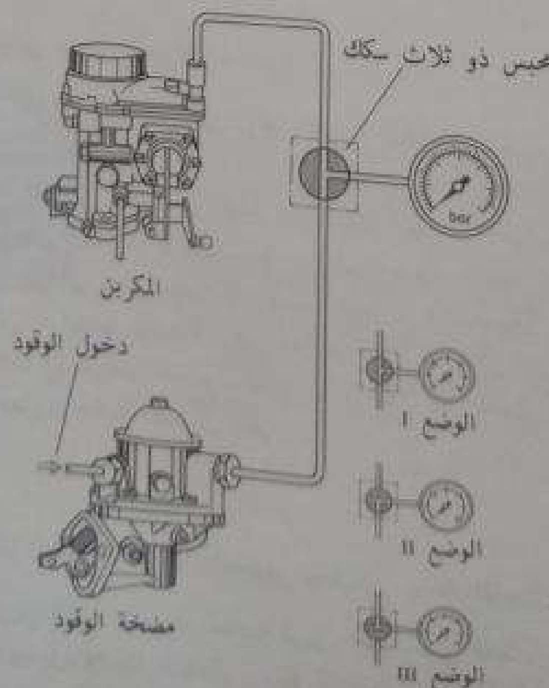
يوصل جهاز اختبار الضغط بين المكربن وجانب الضغط لمضخة الوقود. ويضبط المحبس ذو الثلاث سكك، بحيث يضخ الوقود إلى المكربن، حتى يمكن قياس ضغط الضخ عند سرعات المحرك المختلفة. وفي نفس الوقت يدار المحرك ويقاس ضغط الضخ عند سرعات دوران مختلفة، إذ يجب أن يظل ضغط الضخ ثابتا تقريبا على المدى الـكامل لتغير سرعة الدوران.

يتراوح ضغط الضخ بين 0,1 bar و 0,25 bar، طبقا لنوع المحرك. ويجب مقارنة القيمة المقاسة بالقيمة الدليلية المحددة من الشركة المنتجة للمحرك. كذلك يجب أن يظل الضغط ثابتا لفترة زمنية تبلغ حوالي 30 s، بعد إيقاف المحرك مباشرة. ويدل هبوط الضغط بعد الإيقاف مباشرة، على وجود تسرب في صمامات المضخة أو غشائها. يحول بعد ذلك المحبس الثلاثي، بحيث تقوم المضخة بضخ الوقود في اتجاه المـانومتر فقط. وعندما يصل ضغط الضخ إلى أقصى قيمة له، يوقف المحرك. فإذا ظل الضغط ثابتا لفترة زمنية تصل إلى 30 s تقريبا، دل هذا على سلامة صمامات المضخة، واحتمال وجود العطب بالصمام الإبري للعوامة. أما إذا هبط الضغط بسرعة فإن هذا يدل على تلف المضخة.

الضغط المنخفض لمضخة الوقود (قدرة السحب)

إن اختبار مقدار الضغط لمضخة الوقود ليصبح ضروريا، عندما يثبت اختبار ضغط المضخة وجود عطب في الدورة. ويمكن أن يكون العطب بالمضخة نفسها أو في خط الإمداد بالوقود المؤدي إليها، والذي يقع بين خزان الوقود والمضخة.

يفك خط توصيل الوقود من المضخة ويوصل بدلا عنه جهاز اختبار الضغط المنخفض. يدار المحرك ويترك لفترة قصيرة في حالة اللاحمل، حتى يتم التوصل إلى أقصى ضغط منخفض. فإذا وصل الضغط المنخفض إلى قيمة تتراوح بين 0,2 bar و 0,4 bar، وظل ثابتا



١ اختبار مضخة الوقود

لفترة 30 s تقريبا بعد إيقاف المحرك، فإن هذا يدل على إحكام صمامات المضخة وغشائها ومبيتها. أما إذا هبط الضغط المنخفض، فإن هذا يدل على عدم إحكام المضخة.

يعاد تثبيت خط توصيل الوقود بمضخة الوقود مرة أخرى – إذا كانت المضخة سليمة – لاختبار خط توصيل الوقود المؤدي إليها، للتأكد من إحكامه. ثم ينزع خط توصيل الوقود من الخزان ويوصل على جهاز اختبار الضغط المنخفض. يدار المحرك ويظل كذلك حتى يصل الضغط المنخفض إلى أقصى قيمة له، ثم يوقف المحرك. فإذا هبطت قيمة هذا الضغط بسرعة، دل هذا على وجود تسرب في خط التوصيل المؤدي إلى المضخة.

٩ – ٢ – ٢ اختبار المكربن

قبل اختبار المكربن، يجب أن تختبر حالته الميكانيكية. فيجب أن تكون حركة جميع أعمدة الدوران وصمامات الخنق سهلة. كذلك يجب أن تكون جميع محامل محاور دوران الأعمدة والشفاة محكمة سليمة. كما يجب أيضا ضبط مستوى الوقود في غرفة العوامة، ومراعاة أن تكون منافث الوقود سالكة خالية من العوائق وأن تكون معايرتها سليمة.

اختبار إحكام الصمام الإبري للعوامة

يوصل جهاز اختبار الضغط بين جانب الضغط في مضخة الوقود، وبين المكربن. ويضبط المحبس الثلاثي بحيث تضخ المضخة الوقود إلى المكربن، مع إمكانية قياس الضغط في نفس الوقت (شكل ٣٣٢ – ١)، وعندما يصل الضغط إلى أقصى قيمة له، يوجه المحبس بحيث يصبح الاتصال قائما بين المكربن ومانومتر القياس فقط. ويوقف المحرك. فإذا ظل الضغط ثابتا لمدة 30 s تقريبا، دل هذا على إحكام الصمام الإبري للعوامة. أما إذا هبط الضغط بسرعة، فإن هذا يدل على وجود تسرب في الصمام الإبري للعوامة.

اختبار مضخة التعجيل

تماثل خطوات الاختبار ما هو متبع بالنسبة لاختبار إحكام الصمام الإبري للعوامة. إذا تم التأكد من سلامة إحكام الصمام الإبري للعوامة، تشغل مضخة التعجيل عدة مرات بواسطة اليد، بعد إيقاف المحرك. فإذا كانت مضخة التعجيل سليمة، فإن الضغط يهبط بطريقة ملحوظة بعد عدة أشواط، نظرا لسحب (مص) الوقود من غرفة العوامة. أما إذا ظل الضغط ثابتا أو كان معدل الانخفاض بطيئا نسبيا، فإن هذا يدل على وجود عطب في مضخة التعجيل.

٩ – ٢ – ٣ ضبط سرعة الدوران الحر للمكربنات المفردة

يعني ضبط سرعة الدوران الحر، ضبط سرعة دوران المحرك بدون حمل، حتى تصل إلى أقل قيمة منصوص عليها من الشركة المنتجة للمحرك، والتي تحقق دورانا منتظما. ويرتبط بذلك ضبط المكربن عند نسبة الوقود إلى الهواء الصحيحة، ليتسنى ضبط نسبة غاز أول أكسيد الكربون (CO) في غازات العادم عند سرعة الدوران الحر. ومن البديهي أن تراعى القيم المنصوص عليها في كل دولة على حدة. فمثلا تبلغ أقصى نسبة حجمية مسموح بها لغاز CO في غازات العادم في إحدى الدول الأوروبية 4,5%، عند سرعة الدوران الحر للمحرك. يؤدي كذلك الضبط الصحيح لنسبة غاز CO – عند سرعة الدوران الحر – إلى خفض استهلاك المحرك للوقود.

ضبط سرعة الدوران الحر باستخدام مقياس سرعة الدوران

يوصل مقياس سرعة الدوران، ويدار المحرك حتى يصل إلى درجة حرارة التشغيل، مع مراعاة عدم تشغيل جميع التجهيزات الخاصة ببدء تشغيل المحرك البارد.

تضبط سرعة دوران المحرك عند سرعة الدوران الحر حتى تصل إلى قيمتها المقررة (القياسية)، بواسطة برغي تحديد سرعة الدوران الحر. ترفع بعد ذلك سرعة الدوران إلى أقصى قيمة لها بواسطة تدوير برغي معايرة خليط اللاحمل، ثم تضبط سرعة الدوران الحر مرة أخرى بواسطة برغي تحديد سرعة الدوران الحر حتى تصل إلى قيمتها المقررة (القياسية) مرة أخرى. وتكرر عمليتا الضبط هاتان بالتبادل، حتى تتساوى أقصى سرعة دوران – تضبط بواسطة برغي معايرة خليط الدوران الحر – مع السرعة المحددة للدوران الحر.

عند هذا الوضع يتم قياس نسبة غاز CO في غازات العادم، لمعرفة ما إذا كان قد حدث تجاوز للحدود المسموح بها. وإذا كان الأمر كذلك فإن التصحيح يتم بواسطة برغي معايرة خليط الدوران الحر.

ضبط سرعة الدوران الحر باستخدام جهاز اختبار الضغط المنخفض ومقياس سرعة الدوران

يمكن إجراء الضبط بهذه الطريقة للمكربن المزود بتوصيلة خاصة أسفل صمام الخنق فقط. ولا يجوز بأي حال من الأحوال استخدام توصيلة الضغط المنخفض الخاصة بتجهيزة تعديل توقيت الإشعال. ويتم التوصل إلى سرعة الدوران الحر المثالية في المحرك السليم، عندما

يصل الضغط المنخفض إلى أقصى قيمة له، أثناء احتراق خليط الوقود والهواء، ويحدث هذا عندما تكون نسبة الخليط قريبة من النسبة النظرية، التي تبلغ (1:14,8) (خليط متكافئ أوستوكيومتري).

يوصل كل من مقياس سرعة الدوران وجهاز اختبار الضغط المنخفض بالمحرك، ويدار المحرك حتى يصل إلى درجة حرارة التشغيل، مع مراعاة عدم تشغيل جميع التجهيزات الخاصة ببدء تشغيل المحرك البارد. تضبط سرعة دوران المحرك عند سرعة اللاحمل حتى تصل إلى قيمتها المقررة (القياسية)، بواسطة برغي تحديد سرعة الدوران الحر. بعد ذلك يستخدم برغي ضبط خليط الدوران الحر لتغيير الضغط المنخفض، حتى يصل إلى أقصى قيمة له، ثم تضبط سرعة الدوران المقررة (القياسية) مرة أخرى بواسطة برغي تحديد سرعة الدوران الحر. وتكرر عمليتا الضبط هاتان بالتبادل، حتى يمكن التوصل إلى سرعة الدوران الحر المقررة (المحددة)، بتدوير برغي معايرة خليط سرعة الدوران الحر، عند أقصى ضغط منخفض.

٩-٣-٤ ضبط ترامن المجموعات متعددة المكربنات

يجب ضبط ترامن المكربنات مع بعضها البعض في المحركات المزودة بعدة مكربنات. ولا يصل خليط متجانس إلى الأسطوانات المتعددة، إلا إذا تساوت مساحات مقاطع التدفق التي تسمح بها صمامات الخنق في كل المكربنات، أي يكون معدل الهواء المتدفق بكل المكربنات متساو. بهذا فقط يتم التوصل إلى سرعة دوران حر مضبوطة، وقدرة مثالية للمحرك، وأقل قدر من الغازات الضارة في غازات العادم. ويتم ضبط المكربنات في هذه الحالة باستخدام جهاز اختبار الترامن (شكل ٣٢٥ - ١)، الذي يسمح باختبار المكربنات عند جميع السرعات. وتعتمد كمية الهواء المسحوبة في محركات البنزين على وضع صمام الخنق. ويؤدي عدم توافق المكربنات مع بعضها إلى اختلاف سرعة التدفق بكل مكربن عنها بالمكربنات الأخرى، وكمية الهواء المسحوبة كذلك. ويمكن تحديد هذه الفروق والاختلافات مهما كانت ضئيلة، باستخدام جهاز اختبار الترامن.

ويجب أن تتحقق شروط القياس التالية قبل ضبط سرعة الدوران الحر:

١- صحة ضبط خلوص الصمامات.
٢- صحة ضبط زوايا السكون.
٣- صحة ضبط لحظة (توقيت بدء) الإشعال.
٤- سلامة شموع الإشعال وصحة ضبط ثغرة الشرارة.

يتم ضبط المحرك الساخن على سرعة الدوران الحر القياسية. ويبعد مرشح الهواء من مكانه، وتفصل أذرع التوصيل بصمام الخنق عند المفاصل الكروية. ويتم تركيب الوصلة الخاصة بجهاز اختبار الترامن في فتحة الدخول (المص) بالمكربن، باستخدام الخراطيم.

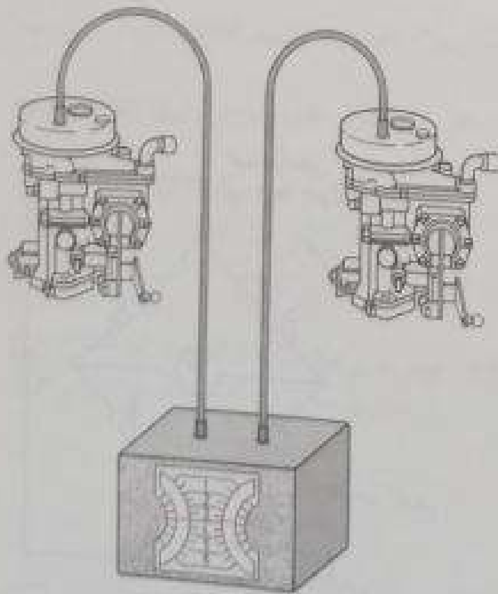
يجب أن تتساوى القيمتان المبينتان على تدريجي جهاز اختبار الترامن. وفي حالة اختلافهما، يتم تغيير ضبط برغي تحديد سرعة الدوران الحر وبرغي معايرة الهواء الدوار، حتى يتم التوصل إلى قيم متساوية في جميع المكربنات. وإذا أدى هذا الإجراء إلى تغيير سرعة الدوران الحر، فيجب إعادة ضبطها - عن طريق الضبط المتماثل لجميع براغي تحديد سرعة الدوران الحر - حتى تصل إلى القيمة المقررة القياسية. يتلو هذا إعادة اختبار ترامن المكربنات وإعادة ضبطها إذا لزم الأمر. بعد هذا يتم تعديل ضبط برغي معايرة خليط سرعة الدوران الحر في جميع المكربنات، إلى أن يتم التوصل إلى سرعة الدوران القصوى. يعقب ذلك إعادة ضبط سرعة الدوران القياسية عن طريق برغي تحديد سرعة الدوران الحر، وكذلك إعادة ضبط الترامن من جديد.

تكرر عمليات الضبط المذكورة بالتبادل، حتى يمكن التوصل إلى الأوضاع التالية في نفس الوقت:

١- صحة ترامن جميع المكربنات، عن طريق براغي تحديد سرعة الدوران الحر.
٢- التوصل إلى أقصى سرعة ممكنة عن طريق كل برغي معايرة خليط سرعة الدوران الحر على حدة.
٣- التوصل إلى سرعة الدوران الحر المقررة (القياسية) في نفس الوقت.

وعندما يتم تحقيق هذه الشروط الثلاثة في نفس الوقت، فإن هذا يدل على أن مجموعة المكربنات متزامنة.

ويتم تركيب ذراع التوصيل بين المكربنات المختلفة ومواءمته طولياً، بحيث لا يقع تحت تأثير أي إجهاد عند تعليقها، ثم ترفع سرعة الدوران. ويجب في هذه الحالة ألا تختلف القيم المبينة للمكربنات عن بعضها البعض. في حالة اختلاف القيم المبينة، يجب إعادة ضبط ذراع التوصيل الوسطي حتى تحصل على نفس القيم من كلا المكربنين.



٣٢٥ - ١ جهاز اختبار الترامن.

تحدد النظم والتعليمات في الدول المختلفة درجة التلوث القصوى المسموح بها في غازات العادم الناتجة من محركات البنزين. ففي بعض الدول الأوروبية مثلا، تبلغ أقصى نسبة حجمية مسموح بها لغاز أول أكسيد الكربون CO في غازات العادم 4.5%. ولا يمكن ضبط المكربن بدقة إلا عن طريق استخدام جهاز اختبار غازات العادم.

تصميمات جهاز اختبار غازات العادم

أثبتت ثلاثة طرق صلاحيتها للاستخدام في الورش الميكانيكية وهي:
طريقة التوصيل الحراري، وطريقة التفاعل (التوليد) الحراري، وطريقة الأشعة تحت الحمراء.

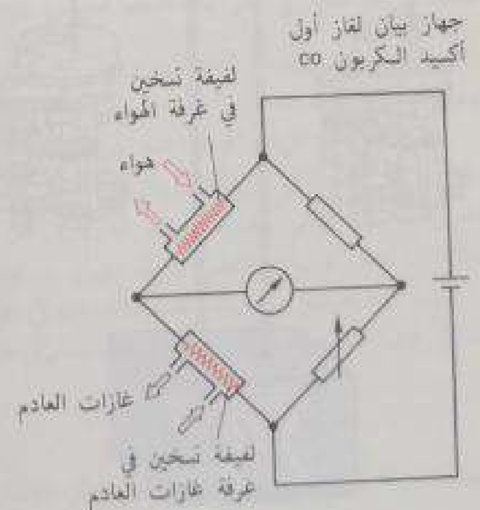
طريقة التوصيل الحراري: يتم بهذه الطريقة قياس النسبة الحجمية لغاز أول أكسيد الكربون CO بطريقة غير مباشرة، حيث يمكن تحديد النسبة المئوية لغاز CO عن طريق قياس التوصيل الحراري النوعي لغازات العادم. وطبقا لنسبة الهواء إلى الوقود المعايرة، يستجيب الجهاز إما إلى الهيدروجين الموجود في غازات العادم (في حالة الخليط الغني) أو إلى غاز ثاني أكسيد الكربون (في حالة الخليط الفقير). ولا يمكن بهذه الطريقة قياس نسبة غاز أول أكسيد الكربون CO التي تقل عن 3%.

يتكون جهاز اختبار غازات العادم بطريقة التوصيل الحراري أساسا من قنطرة مقاومات كهربائية (قنطرة هويتستون). وتحتوي القنطرة على غرفتين إحداهما للهواء والأخرى لغازات العادم. وتضم كل غرفة من الغرفتين لفيفة من البلاتين مسخنة مسبقا. ففي حالة امتلاء كلتا الغرفتين بالهواء، لا يحدث تغير في مقاومة لفيفة البلاتين المسخنة. وتكون قنطرة القياس في حالة توازن. وعند تدفق غازات العادم خلال الغرفة الخاصة بها، تتسبب هذه الغازات في سحب كمية أكبر من الحرارة، من المقاومة، نظرا لاختلاف الموصلية الحرارية النوعية للهواء عنها لغازات العادم اختلافا كبيرا. يؤدي هذا إلى خفض درجة حرارة اللفيفة، وبالتالي إلى خفض مقاومتها الكهربائية. وينقل هذا التغير في المقاومة الكهربائية على لوحة أجهزة القياس، كنسبة لأول أكسيد الكربون (شكل ٢٣٦ - ١).

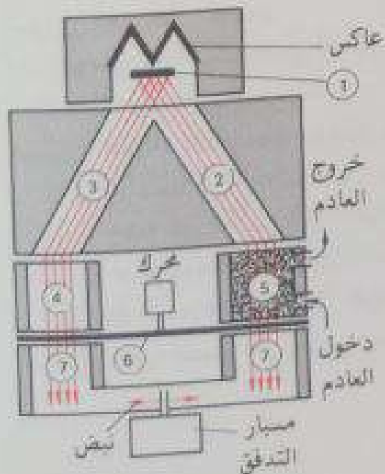
طريقة التفاعل (التوليد) الحراري

يتشابه تصميم أجهزة اختبار غازات العادم التي تعمل بطريقة التفاعل الحراري مع تصميم مثيلاتها التي تعمل بطريقة التوصيل الحراري، إلا أنه يتم هنا تسخين لفيفة المقاومة في غرفة الهواء وغرفة غازات العادم إلى درجة حرارة أعلى بكثير نسبيا. كذلك يضخ هواء مع غازات العادم خلال غرفة غازات العادم، مما يؤدي إلى احتراق المكونات القابلة للاشتعال بغازات العادم (الهيدروجين H_2 وأول أكسيد الكربون CO). وهذا يؤدي بدوره إلى ارتفاع درجة حرارة غرفة غازات العادم، وبالتالي إلى ارتفاع مقاومة اللفيفة الموجودة بهذه الغرفة. يسجل هذا التغير في المقاومة ويحول إلى تدريج مئوي للنسبة الحجمية لغاز أول أكسيد الكربون (CO) على لوحة قياس الجهاز.

يتضح من هذا أن طريقة التوصيل الحراري وطريقة التفاعل الحراري تستخدمان كطرق غير مباشرة لقياس نسبة أول أكسيد الكربون (CO) في غازات العادم. وبما أن غازات العادم تحتوي على مكونات أخرى - مثل الهيدروجين والأكسجين وثاني أكسيد الكربون والهيدروكربونات غير المحترقة - فإن لهذه المكونات تأثير على القياس. ولذا فقد تكون النسبة المبينة لأول أكسيد الكربون CO في غازات العادم غير صحيحة.



٢٣٦ - ١ جهاز اختبار غازات العادم



٢٣٦ - ٢ جهاز اختبار غازات العادم بطريقة الأشعة تحت الحمراء.

طريقة الأشعة تحت الحمراء

تستخدم أجهزة اختبار غازات العادم التي تعمل بطريقة الأشعة تحت الحمراء (شكل ٣٣٦ – ٢) لقياس النسبة المئوية لأول أكسيد الكربون (CO) في غازات العادم مباشرة، باستخدام قياس المقارنة. وتعتمد هذه الطريقة على خاصية امتصاص بعض الغازات للأشعة تحت الحمراء عند أطوال معينة للموجات، مثل غاز CO وغاز CH (الهكسان القياسي). ويمكن مقارنة هذا – بصورة تقريبية – بالندى والضباب اللذان يمتصان أشعة الشمس.

يقوم اللوح 1 – المسخن إلى درجة حرارة 700°C تقريبا – بإرسال أشعة تحت الحمراء، تنقسم إلى جزئين أحدهما للقياس 2 والآخر للمقارنة 3. يمر شعاع المقارنة خلال قناة المقارنة 4، المملوءة بغاز لا يمتص الأشعة تحت الحمراء. أما شعاع القياس فيمر خلال قناة القياس 5 المملئة بغازات العادم المراد قياسها. وتختلف درجة امتصاص الأشعة تحت الحمراء في قناة القياس، تبعا لارتفاع نسبة أول أكسيد الكربون CO في غازات العادم. يعني هذا أن شعاع القياس يتأثر بغازات العادم بينما لا يتأثر بها شعاع المقارنة. يوجه بعد ذلك كلا من شعاع القياس وشعاع المقارنة من خلال قرص ذي فتحات 6 إلى غرفة قياس مليئة بالغاز 7. وأثناء دورانه يقطع القرص الدوار – الموجود أمام غرف القياس – كلا من شعاع القياس وشعاع المقارنة في تواتر منتظم. ويؤدي اختلاف شدة الأشعة تحت الحمراء – القادمة من شعاع القياس وشعاع المقارنة – إلى تسخين الغاز في غرف القياس بمعدلات مختلفة، مما تنتج عنه حركة نبضية في سريان تيار المعادلة بين غرفتي القياس. وتؤخذ شدة الحركة النبضية كمقياس لنسبة أول أكسيد الكربون (CO) في غازات العادم. ويتم تحويل الحركة النبضية إلى إشارة كهربائية، تؤخذ شدة نبضها كمقياس لمعدل أول أكسيد الكربون (CO) في غازات العادم.

وإذا ملئت كل من قناة المقارنة وغرف القياس بغاز آخر، أمكن قياس نسبة الهيدروكربونات (CH) غير المحترقة في غازات العادم.

يتم قياس كمية غاز أول أكسيد الكربون (CO) بالنسبة المئوية الحجمية، بينما يتم تحديد كمية الغازات الهيدروكربونية CH بالنسبة المئوية الحجمية في المليون، VPM (Volume Percentage per Million).

اختبار نسبة أول أكسيد الكربون (CO) ونسبة الهيدروكربونات (CH) في غازات العادم

يجرى توصيل جهاز اختبار غازات العادم طبقا لتعليمات الشركة المنتجة. ويدخل مسبار الغاز (ماسورة سحب الغازات) إلى عمق لا يقل عن 30 cm داخل ماسورة العادم. ويجب أن يكون كل من مسبار العادم وعلبة خافت الصوت الخاصة بها محكمة، حتى لا يؤدي الهواء المتسرب إلى مجموعة العادم، إلى إعطاء نتيجة خاطئة، أي إلى تحريف النسبة الحقيقية لكل من أول أكسيد الكربون (CO) والهيدروكربونات (CH). كذلك يجب أن يصل المحرك إلى درجة حرارة التشغيل العادية (يجب ألا تقل درجة حرارة زيت التزليق عن 70°C).

يجب ألا تزيد نسبة المكونات في غازات العادم عند سرعة الدوران الحر عن القيم التالية:

للمحركات التي صححت نسبة غازات العادم فيها: CO أقل من 3% و CH أقل من 400 VPM.

للمحركات العادية (بدون تصحيح لنسبة غازات العادم): CO أقل من 4,5% و CH أقل من 900 VPM.

ويجب أن تؤخذ القيم القصوى – التي تحددها الشركات المنتجة للمحرك – في الاعتبار، عند إجراء الضبط. كذلك يتم ضبط نسبة أول أكسيد الكربون (CO) في غازات العادم – في المكربنات التي سبق ضبطها – بتدوير برغي معايرة خليط سرعة الدوران الحر، حتى تصل النسبة إلى القيمة المقررة.

أسباب ارتفاع نسبة المواد الضارة في غازات العادم

يمكن أن يرجع السبب في عدم تغير نسبة أول أكسيد الكربون CO في غازات العادم – عند تغيير وضع برغي معايرة خليط الدوران الحر – إلى ما يلي:

وجود رواسب على فتحات الخروج في تجهيزة خليط سرعة الدوران الحر أو اتساخ مرشح الهواء أو الضبط الخاطئ لصمام خنق بدء التشغيل، أو وجود عطل فيه، أو خطأ في سرعة الدوران الحر.

ويدل انخفاض نسبة أول أكسيد الكربون (CO) بدرجة كبيرة مع ازدياد السرعة، على أن الخليط فقير. ويمكن أن يرجع السبب في ذلك إلى:

الانخفاض الكبير لمستوى الوقود في غرفة العوامة أو وجود منفث الوقود الرئيسي أو القناة المتصلة به غير مكانهما أو تسرب هواء إلى المكربن كما يمنع انخفاض مستوى قاعدة الإبرة – في المكربنات المزودة بمنفث إبري – مرور كمية كافية من الوقود.

ويدل الارتفاع الطفيف في نسبة غاز أول أكسيد الكربون (CO) مع ازدياد السرعة، على أن الخليط غني. ويمكن أن يرجع السبب في ذلك إلى:

ارتفاع مستوى الوقود في غرفة العوامة أو تسرب في مجموعة التعجيل (التسارع) أو عدم فصل مكربن بدء التشغيل أو اتساخ مرشح الهواء أو عدم إحكام أنبوب السحب (المص). ويؤدي ارتفاع مستوى قاعدة الإبرة – في المكربنات المزودة بمنفث إبري – إلى مرور كمية وقود أكبر من اللازم.

اختبار مضخة التعجيل:

عند فتح صمام الخنق بسرعة، تقوم مضخة التعجيل بضخ كمية إضافية من الوقود في مجموعة السحب. وبذا تتم معادلة ما تسمى بفجوة التعجيل، الناتجة عن وجود خليط وقود فقير.

بضغط على دعسة النبر لعدة مرات متتابعة قصيرة، وبذا يبقى صمام الخنق مفتوحا إلى آخره لحظات قصيرة. وتقوم مضخة التعجيل في هذه الحالة بضخ كمية إضافية من الوقود، مما يؤدي إلى ارتفاع لحظي في محتوى أول أكسيد الكربون (CO) بنسبة حجمية تتراوح بين 1% و 3%. ثم تهبط النسبة مرة أخرى إلى قيمتها الأصلية. أما في حالة عدم ارتفاع نسبة أول أكسيد الكربون CO، أو تغيرها بدرجة ضئيلة فقط، فيجب فحص كمية الوقود المحقون. ويمكن أن يرجع السبب في نقص هذه الكمية إلى: صغر طول شوط المضخة أو عدم إحكام مقعد صمام عدم الرجوع أو وجود بلى في ذراع المضخة أو وجود عطل في كباس المضخة.

٩ – ٤ اختبار مجموعة الشحن

تتكون مجموعة الشحن من المولد والمنظم وخطوط التوصيل الكهربائية للمجموعة.

٩ – ٤ – ١ اختبار مولدات التيار المستمر

عند فحص مولدات التيار المستمر، يجب التأكد أولا من سلامة الحالة الميكانيكية للمولد، بفحص محامل محور الدوران والجميع والفرش الكربونية. ويجب التأكد أيضا من عدم وجود دائرة قصر أو قطع في ملف عضو الإنتاج أو ملفات المجال.

ويجب إجراء الفحوص التالية:

١ – جهد التوصيل وسرعة دوران التوصيل لمفتاح المنظم (مفتاح أوتوماتي لفصل الدائرة الكهربائية).
٢ – جهد التنظيم بدون حمل (عند سرعة الدوران الحر).
٣ – جهد التنظيم – عند التحميل – للمنظمات ذات المنحنى الخصائصي المائل.
٤ – تشغيل منظم التيار للمنظمات ذات المنحنى الخصائصي المنكسر.
٥ – فتح الفاريود لمنظمات الفاريود.
٦ – اختبار شحن البطارية.

اختبار جهد التوصيل (التشغيل)

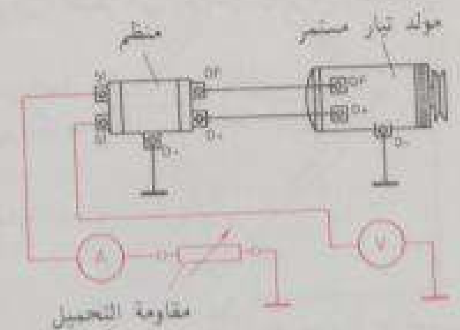
يحتوي المفتاح المنظم (مفتاح فصل الدائرة الأوتوماتي) على نقاط تلامس كهرومغنطيسية تقوم عند تلامسها بتوصيل المولد مع شبكة التيار بالمركبة، عندما يصل جهد المولد إلى القيمة المحددة (جهد التوصيل).

تفصل البطارية عند إجراء الاختبار، وتوصل بطرف التوصيل 51 من خلال أميرمتر موصل على مقاومة الحمل، بحيث يتم بواسطتها تحميل المولد بالتيار الإسمي. ويقاس الجهد بين طرف التوصيل 51 والأرضي. (شكل ٣٣٨ – ١). تزاد سرعة دوران المحرك ببطء فيزداد الجهد. إلا أن التيار لا يسري في أول الأمر، لأن نقاط تلامس مفتاح المنظم ما تزال مفتوحة. وعند بلوغ جهد التوصيل، تقفل نقطتا تلامس مفتاح المنظم. ويؤدي هذا التحميل المفاجئ إلى انخفاض الجهد. وتكون أقصى قيمة للجهد المقاس هي جهد التوصيل. ويجب في نفس الوقت ملاحظة سرعة الدوران. وعندما يصل الجهد إلى قيمة جهد التوصيل، تصل سرعة المحرك إلى سرعة دوران التوصيل (شكل ٣٣٨ – ٢). ويجب أن تكون سرعة دوران التوصيل أكبر بقليل من سرعة الدوران الحر.

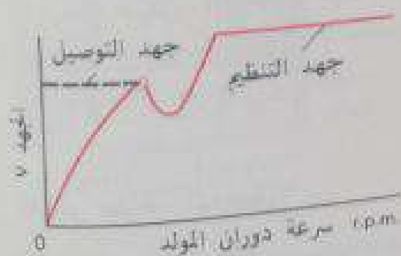
وإذا كان جهد التوصيل منخفضا، فينشأ عن ذلك عدم فصل مفتاح التنظيم. أما جهد التوصيل المرتفع، فإنه يؤدي إلى اصطكاك مفتاح التنظيم، مما ينتج عنه حدوث شرر قوي يتسبب في بلى نقاط التلامس.

اختبار جهد التنظيم (جهد الشحن)

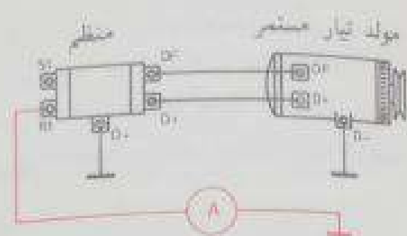
يقوم منظم الجهد بحفظ قيمة جهد المولد عند القيمة المحددة (جهد التنظيم) في جميع سرعات دوران المحرك، وتحت جميع ظروف التحميل المختلفة. ويتوقف إعطاء المولد لقدرته النظرية على ضبط جهد التنظيم.



٣٣٨ – ١ اختبار جهد التوصيل



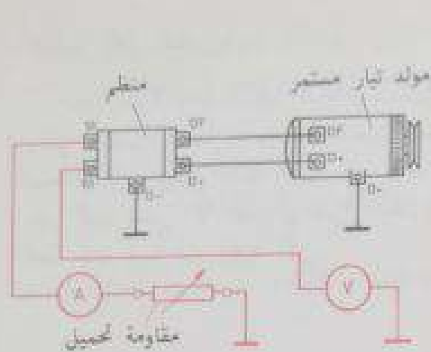
٣٣٨ – ٢ جهد التوصيل



٣٣٩ - ١ اختبار جهد التنظيم عند سرعة الدوران الحر.



٣٣٩ - ٢ منحنى جهد التنظيم للمنظمات المختلفة.



٣٣٩ - ٣ اختبار جهد التنظيم مع الحمل.

جهد التنظيم عند سرعة الدوران الحر

تفصل مقاومة الحمل عن طرف التوصيل 51 ، ويقاس الجهد بين طرف التوصيل 51 والأرضي (شكل ٣٣٩ - ١).
تزاد سرعة دوران المحرك ببطء حتى يصل الجهد إلى القيمة التي يتوقف عندها عن الزيادة. حينئذ تكون القيمة القصوى المقابلة
لجهد هي جهد التنظيم عند الدوران الحر (شكل ٣٣٩ - ٢).
وإذا كان جهد التنظيم عند سرعة الدوران الحر مرتفعا نسبيا، أدى ذلك إلى شحن زائد للبطارية. أما إذا كان الجهد منخفضا نسبيا،
فإن شحن البطارية يكون غير كاف.

جهد التنظيم مع الحمل

تتبع طرق قياس مختلفة، تتوقف على نوع المنظم. فيتم اختبار جهد التنظيم مع الحمل، في المنظمات ذات المنحنى الخصائصي المائل. ويسبب هذا النوع من المنظمات خفض جهد التنظيم عند ازدياد الحمل. أي أنه يعطي منحنى خصائصي مائل (شكل ٣٣٩ - ٢).

يتم توصيل مقاومة على طرف التوصيل 51 مع أمبيرمتر، ويمكن ضبط المقاومة بحيث يتم تحميل المولد بالتيار الاسمي. ويقاس جهد التنظيم مع الحمل، بين طرف التوصيل 51 والأرضي (شكل ٣٣٩ - ٣)؛ مع مراعاة ضبط سرعة دوران المحرك على سرعة متوسطة.
وإذا كان جهد التنظيم مع الحمل مرتفعا نسبيا، فإن ذلك يؤدي إلى خطورة الشحن الزائد للبطارية، وزيادة الحمل على المولد. كذلك إذا كان جهد التنظيم مع الحمل منخفضا نسبيا، فإن ذلك يؤدي إلى عدم إعطاء المولد لقدرته الكاملة، مما يؤدي إلى شحن البطارية بقدر غير كاف.
يظل جهد التنظيم ثابت تقريبا - سواء بحمل أو بدون حمل - في حالة استخدام منظم ذي منحنى خصائصي منكسر، أو
باستخدام منظم فاريود. لذلك يتم في هذه الحالة اختبار بدء تنظيم الجهد عند تخطي تيار الحمل المحدد.
ويتحقق هذا الوضع للمنظمات ذات المنحنى الخصائصي المنكسر عند بدء عمل منظم التيار. أما في منظم الفاريود فيتحقق هذا
عندما يسمح الفاريود (دايود) بمرور التيار (شكل ٣٣٩ - ٢).
يؤدي بدء عمل منظم التيار أو توصيل الفاريود، عند تيار حمل مرتفع نسبيا، إلى خطر زيادة شحن البطارية وزيادة تحميل المولد.
كذلك يؤدي بدء عمل منظم التيار أو توصيل الفاريود، عند تيار حمل منخفض نسبيا، إلى عدم إعطاء المولد لقدرته الكاملة، وإلى
شحن البطارية بقدر غير كاف.

اختبار التيار العائد (العكسي)

إذا هبط جهد المولد عن حد معين - عند سرعات الدوران المنخفضة - فيجب أن يفتح مفتاح المنظم، حتى لا يحدث تفريغ
للبطارية عن طريق المولد. ونظراً لأن حافظة مفتاح التنظيم تبقى في وضع الجذب - حتى عندما ينخفض جهد المولد قليلا - لذلك
يجب أن يلاشي التيار العائد، المجال المغنطيسي، الذي يتسبب في تثبيت حافظة المفتاح في وضع الجذب (شكل ٣٤٠ - ١). توصل
البطارية مع طرف التوصيل 51 عن طريق أمبيرمتر. ويراعى أن يمكن الأمبيرمتر من قياس شدة التيار المار، بغض النظر عن اتجاهه.
تخفض سرعة الدوران ببطء ابتداء من السرعة المتوسطة، فيصاحب هذا انخفاض تيار الشحن حتى يتلاشى. وباستمرار خفض سرعة
الدوران، يصبح جهد المولد أقل من جهد البطارية، مما يؤدي إلى مرور التيار في الاتجاه العكسي من البطارية خلال المولد إلى الأرضي،
أي أنه يحدث تغيير في اتجاه سريان التيار. وترتفع شدة هذا التيار مع استمرار خفض سرعة دوران المحرك، حتى تقوم حافظة المفتاح
بفصل نقاط تلامس مفتاح المنظم. عندئذ تهبط شدة هذا التيار فجأة لتصل إلى الصفر. ويعرف التيار العائد على أنه أقصى شدة تيار
يتم عندها الفصل الكهربائي للمولد، عن شبكة التيار بالمركبة.
وإذا كانت شدة التيار العائد (العكسي) كبيرة نسبيا، ينشأ خطر عدم فصل مفتاح المنظم، وبالتالي تفريغ البطارية وإتلاف المولد.
أما انخفاض شدة التيار العائد نسبيا، فيؤدي إلى اصطكاك حافظة المفتاح عند التوصيل (التشغيل)، مما يؤدي إلى لحم نقاط
التلامس.

اختبار شحن البطارية

يدار المحرك وتزاد سرعة الدوران بالتدرج. يفك القطب الموجب للبطارية، ويوصل أميرمتر ذو مقياس لبيان الشحن والتفريغ، بين رأس (قطب) البطارية وطرف توصيل القطب. إذا كان المولد سليما، فيتم في هذه الحالة شحن البطارية. وتعتمد شدة تيار الشحن على سعة البطارية وعلى حالة شحنها. بعد ذلك يتم تشغيل جميع أجهزة استهلاك التيار بالمركبة. ويجب في هذه الحالة أيضا أن يعطي المولد تيار شحن صغير. لا يجوز أن تفرغ البطارية تماما بأي حال من الأحوال. وفي حالة حدوث تفريغ للبطارية، يجب استبدال المولد بمولد آخر ذي شدة تيار إسمية أكبر.

٩ - ٤ - ٢ اختبار مولدات التيار ثلاثي الأطوار

يجب التأكد أولا من سلامة الحالة الميكانيكية لمولدات التيار ثلاثي الأطوار.

يتم فصل طرف التوصيل +B عن المولد، بينما يكون المحرك متوقفا، ثم توصل مقاومة تحميل عند هذا الطرف +B خلال أميرمتر إلى الأرضي، وبذلك يمكن قياس جهد التنظيم المحظي بين طرف التوصيل +B والأرضي (شكل ٢٤٠ - ٢).

توصل مقاومة التحميل بحيث يحمل المولد بالتيار الإسمي.

يدار المحرك ويختبر جهد التنظيم عند سرعات الدوران المختلفة.

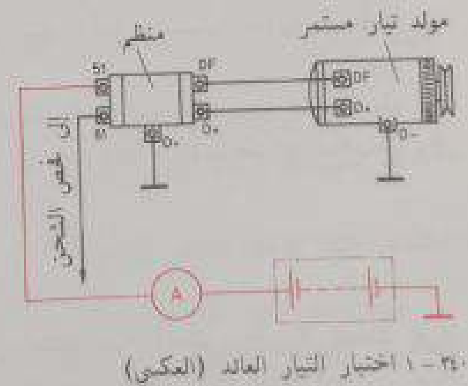
إذا لم يتم التوصل إلى القيمة المحددة لجهد التنظيم، يوقف المحرك ويستبدل المنظم ويعاد القياس مرة أخرى. فإذا تم التوصل إلى القيمة المحددة لجهد التنظيم، دل هذا على عطب المنظم الأصلي. أما إذا لم يتم التوصل إلى القيمة المحددة لجهد التنظيم، دل ذلك على وجود عطل في المولد نفسه.

اختبار الدايود المفكوك

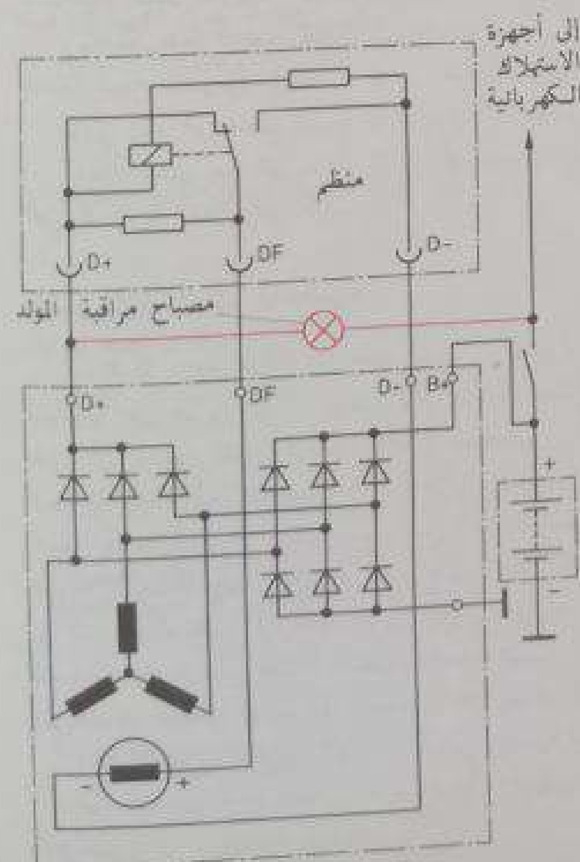
يمكن إجراء الاختبار إما باستخدام مصباح بيان مرور التيار المستمر، أو باستخدام أومتر في اتجاه التوصيل واتجاه الحجز. ويجب الانتباه إلى أن للدايود الموجب وللدايود السالب اتجاهات توصيل مختلفة (شكل ٢٤٠ - ٣).

ويكون الدايود غير صالح للاستعمال عند وجود دائرة قصر أو قطع في توصيله الكهربائي.

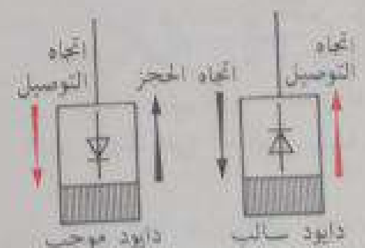
يتم توصيل مصباح بيان مرور التيار المستمر، بحيث يتصل طرف الاختبار الموجب بطرف التوصيل الموجب للدايود، والطرف السالب بطرف التوصيل السالب للدايود. فإذا أضاء المصباح، دل ذلك على صلاحية الدايود وسماحه للتيار بالمرور في اتجاه التوصيل. أما إذا لم يضيء المصباح، دل ذلك على وجود انقطاع في التوصيل الكهربائي.



٢٤٠ - ١ اختبار التيار العائد (العكسي)



٢٤٠ - ٢ مولد التيار ثلاثي الأطوار، المزود بمنظم تلامس. ◄



٢٤٠ - ٣ دايود موجب وآخر سالب.

في حالة اختبار الدايود بواسطة الأومتر، تتبع نفس الإجراءات السابق ذكرها في الاختبار، بواسطة مصباح بيان مرور التيار المستمر. ويلاحظ أنه للدايود السليم مقاومة صغيرة مقدارها بضعة أومات في اتجاه التوصيل، ومقاومة كبيرة تصل إلى بضعة كيلوأومات في اتجاه الحجز.

اختبار مولد التيار ثلاثي الأطوار طراز بوش

يمكن اكتشاف جميع العيوب والأعطال تقريبا، التي قد تحدث في مولد التيار ثلاثي الأطوار ومنظمه، عن طريق سلوك مصباح مراقبة المولد وشحن البطارية. ويتطلب إجراء الاختبار وجود مصباح اختبار وأميبرمتر.

عندما لا يضيء مصباح مراقبة المولد، والمحرك ساكن، مع توصيل الإشعال:

خطوات الاختبار	الخلل (العطل)
يوصل مصباح الاختبار بين أطراف التوصيل +B و D+/61 في المولد فيضيء المصباح.	يدل هذا على احتراق مصباح مراقبة المولد، أو وجود انقطاع في دائرة مصباح مراقبة المولد بين طرف التوصيل 15 – عند مفتاح القيادة – وطرف التوصيل D+/61 عند المولد.
يوصل مصباح الاختبار بين أطراف التوصيل +B و D+/61 في المولد فلا يضيء. وعند توصيله بين طرفي التوصيل D+/61 فإنه يضيء.	يدل هذا على وجود دائرة قصر في دايود موجب بالمولد. في هذه الحالة يجب فصل البطارية مباشرة عن المولد، حتى لا يحدث تفريغ للبطارية ويتلف عضو الإنتاج الساكن للمولد.
يوصل مصباح الاختبار بين أطراف التوصيل D+/61 والأرضي. فيتوهج كل من مصباح الاختبار ومصباح مراقبة المولد. يزع قابس المنظم ويفك المنظم. ثم يوصل أميبرمتر بين طرفي التوصيل +B و DF.	يعلل عدم مرور تيار الإثارة (الحث) بوجود إحدى الأعطال التالية: بلى الفرش الكربونية، أو وجود طبقة أكسيد على الحلقات المنزلقة، أو انقطاع في ملف العضو الدوار. أما إذا سرى تيار إثارة يعادل في قيمته القيمة المحددة لمولد التيار ثلاثي الأطوار، دل ذلك على إمكانية وجود الأعطال التالية: انقطاع في المنظم، أو في خطوط التوصيل بين المنظم والمولد.

عندما يضيء مصباح مراقبة المولد دون تغير في شدة إضاءته، سواء كان المحرك متوقفا أو دائرا:

خطوات الاختبار	الخلل (العطل)
ينزع قابس المنظم ويفك المنظم. ويظل مصباح مراقبة المولد رغم ذلك مضيئا.	توجد دائرة قصر مع الأرضي في خطوط التوصيل بين مصباح مراقبة المولد، وبين طرف التوصيل D+/61.
يتوقف مصباح مراقبة المولد عن الإضاءة، يعاد توصيل قابس المنظم ويركب المنظم، ويوصل أيضا جهاز أميبرمتر بين طرف التوصيل +B وطرف التوصيل D+/61 بالمولد.	
شدة تيار الإثارة أقل من القيمة المحددة.	قد يوجد انقطاع في دائرة المنظم.
شدة تيار الإثارة أكبر من القيمة المحددة.	قد توجد دائرة قصر مع الأرضي في خط التوصيل DF بين المولد والمنظم، أو دائرة قصر مع الأرضي في ملف العضو الدوار.

عندما يضيء مصباح مراقبة المولد بضوء باهر والمحرك متوقف، ويضيء بضوء خافت أو متوهج والمحرك دائر:

خطوات الاختبار	الخلل (العطل)
يوصل مصباح الاختبار بين طرفي التوصيل +B و D+/61، فينطفئ مصباح الاختبار والمحرك دائر.	يدل هذا على وجود مقاومة تلامسية مرتفعة في دائرة تيار الشحن، أو في خط التوصيل المؤدي إلى مصباح مراقبة المولد.
يضيء مصباح الاختبار بتوهج والمحرك دائر.	في حالة عطب المنظم، يحدث شحن زائد للبطارية. في حالة عطب المولد، يكون الشحن غير كاف.
يركب منظم جديد بينما يكون المحرك متوقفا، ثم يدار المحرك مرة أخرى. يوصل مصباح الاختبار بين طرفي التوصيل +B و D+/61، فينطفئ مصباح الاختبار.	يوجد عطل في المنظم الذي تم فصله.
يستمر مصباح الاختبار في الإضاءة المتوهجة.	يوجد عطل في المولد.

يمكن - باستخدام مرسمة تذبذبات الإشعال - بيان منحنى الجهد (تغير الجهد) لمولد التيار ثلاثي الأطوار. وبمقارنة الرسم التذبذبي الناتج، مع الرسم التذبذبي العادي، يمكن تحديد الانحرافات، وبالتالي تحديد موضع العطل في المولد.

يتم توصيل مرسمة التذبذبات مع مولد التيار ثلاثي الأطوار، طبقا لتعليمات الشركة المنتجة. ويدار المحرك وتضبط سرعة دورانه عند نحو 2.000 r.p.m.

الرسم التذبذبي القياسي (المعتاد) (شكل ٣٤٢ - ١)

تتداخل (تتراكب) الموجات العليا لجهد المستمر، إذا كان المولد سليما. كما يمكن أن يطرأ تغير طفيف على شكل الموجات العليا إلا أن المهم هو أن يتجزأ الرسم التذبذبي لجهد بطريقة منتظمة.

انقطاع (انفصال) أحد دايودات الإثارة (شكل ٣٤٢ - ٢)

تختفي في هذه الحالة إحدى الموجات العليا بالكامل، وتحدث انكسارات في منحنى الجهد إلى أسفل.

انقطاع (انفصال) أحد الدايودات الموجبة (شكل ٣٤٢ - ٣)

يقوم الدايود الموجب المنفصل بحجز تيار الشحن أثناء فترة توصيله. بذلك يؤخذ من المولد تيار الإثارة فقط. ونظرا لاختفاء تأثير المضاءلة للبطارية في هذه الفترة، فتظهر قمم الجهد واضحة إلى أعلى.

انقطاع أحد الدايودات السالبة (شكل ٣٤٣ - ١)

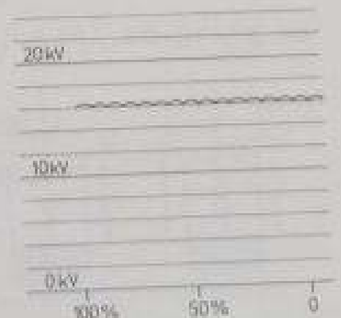
تحمل الدايودات السالبة بكل من تيار الشحن وتيار الإثارة. ونظرا لتأثير المضاءلة الكبير نسبيا للبطارية، ينتج عن هذا هبوط ضئيل في الجهد.

وجود دائرة قصر في أحد دايودات الإثارة (شكل ٣٤٣ - ٢)

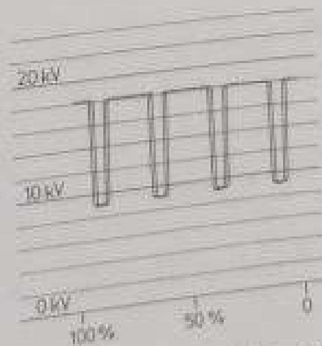
يؤدي وجود دائرة قصر في أحد دايودات الإثارة إلى انقطاع الجهد أثناء نصف موجة تقريبا. ولا يسري أي تيار شحن أثناء هذه الفترة. كذلك يحدث تشوه كبير في نصف الموجة العلوي.

وجود دائرة قصر في أحد الديودات الموجبة (شكل ٣٤٣ - ٣)

يؤدي وجود دائرة قصر في أحد الدايودات الموجبة، إلى وضوح رؤية نصفي موجة فقط. ويستمر وجود دائرة القصر في الدايود الذي يكون في حالة عطب، لفترة تعادل نصف موجة.



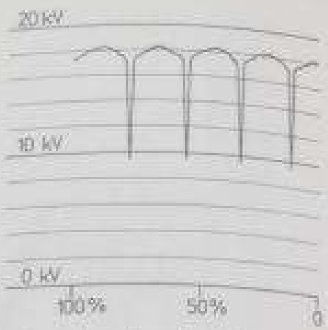
٣٤٢ - ١ الرسم التذبذبي القياسي.



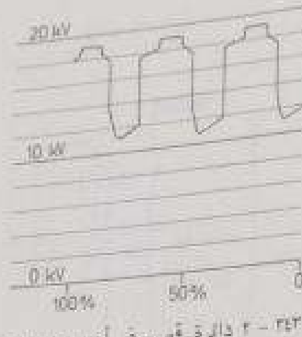
٣٤٢ - ٢ انقطاع أحد دايودات الإثارة.



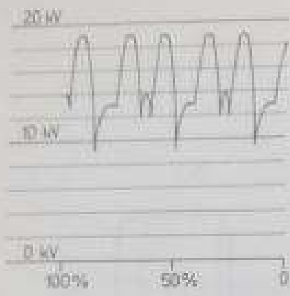
٣٤٢ - ٣ انقطاع أحد الدايودات الموجبة.



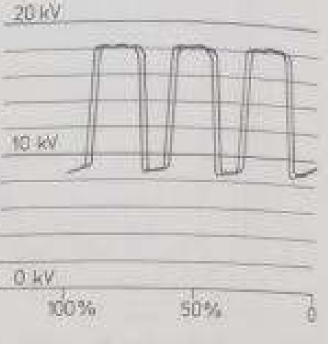
٣٤٣ – ١ انقطاع أحد الدايودات السالبة.



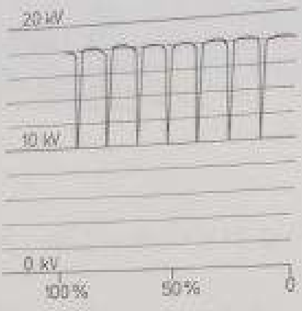
٣٤٣ – ٢ دائرة قصر في أحد دايودات الإثارة.



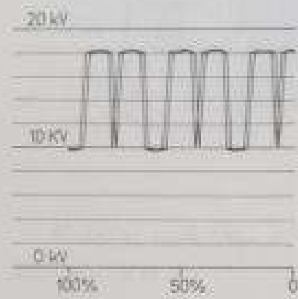
٣٤٣ – ٣ دائرة قصر في أحد الدايودات الموجبة.



٣٤٣ – ٤ دائرة قصر في أحد الدايودات السالبة.



٣٤٣ – ٥ خلل في الأطوار.



٣٤٣ – ٦ أكثر من خلل في آن واحد.

وجود دائرة قصر في أحد الدايودات السالبة (شكل ٣٤٣ – ٤)

يشابه الرسم التذبذبي الناتج عن وجود دائرة قصر في أحد الدايودات السالبة، الرسم الناتج عن وجود دائرة قصر في دايود إثارة، ويختلف عنه فقط، في وجود خطين في مرحلتي ارتفاع وانخفاض (هبوط) الجهد.

وجود خلل في الأطوار (شكل ٣٤٣ – ٥)

في حالة انفصال أحد الأطوار، أو وجود دائرة قصر في ملفات طورين، يحدث انكسار ضيق في منحنى الجهد بعد كل موجة علوية.

وجود أكثر من خلل في آن واحد (شكل ٣٤٣ – ٦)

عند وجود أكثر من خلل في آن واحد، يحدث تغير في الرسم التذبذبي القياسي المعروف. وفي هذه الحالة تظهر الأشكال المميزة لكل خلل على نفس الرسم التذبذبي. والشكل (٣٤٣ – ٦) يوضح وجود دائرة قصر في دايود سالب وخلل في أحد الأطوار.

٩ – ٥ اختبار بادئ التشغيل في المركبات الآلية

إن الاختبار الوحيد الذي يمكن إجراؤه على بادئ التشغيل في المركبات الآلية، هو قياس شدة تيار دائرة القصر، ويتم منع محرك بدء التشغيل من الدوران، لإمكان قياس هذا التيار، التي تمثل شدته أقصى قيمة يمكن أن يسحبها بادئ التشغيل. ويقاس كذلك هبوط الجهد الناتج عن ذلك

يتم قياس شدة تيار دائرة القصر، عند اختبار بادئ التشغيل، وهو مثبت في المركبة (شكل ٣٤٤ – ١).

خطوات الاختبار

يوضع (يوصل) فكا جهاز قياس شدة التيار (الأميرمتر) ذي مجال القياس الكبير (أكبر من 400 A) حول خط التوصيل الرئيسي لبادئ التشغيل. ويوصل كذلك فولطمتر على قطبي البطارية الموجب والسالب، لقياس هبوط جهد البطارية أثناء التحميل. ويجب

٢٤٤ - ١ دائرة فحص بادئ التشغيل.

ألا يتعدى هبوط الجهد – أثناء التحميل بتيار دائرة القصر – القيمة 3,5V في المنشآت ذات جهد 6V، والقيمة 7V في المنشآت ذات جهد 12V.

يوصل الفولطمتر على طرف التوصيل 30 في المفتاح المغنطيسي، وعلى القطب السالب للبطارية، لقياس هبوط الجهد في خط التوصيل الرئيسي لبادئ التشغيل.

يجب ألا يتعدى هبوط الجهد – أثناء التحميل بتيار دائرة القصر – القيمة 0,25V لمنشآت 6V، والقيمة 0,5V لمنشآت 12V.

ويوصل فولطمتر على القطب السالب للبطارية، وعلى مبيت جسم بادئ التشغيل، لقياس هبوط الجهد في التوصيل الأرضي.

يجب ألا يتعدى هبوط الجهد – أثناء التحميل بتيار دائرة القصر – القيمة 0,8V لمنشآت 6V، والقيمة 1,5V لمنشآت 12V.

إذا قلت قيمة تيار دائرة القصر عن القيمة المحددة – في حالة سلامة جهد البطارية – فإن هذا يدل على وجود مقاومات مرتفعة في خطوط توصيل التغذية، مثل مقاومة تلامسية مرتفعة عند أقطاب البطارية، أو توصيلات رديئة لخطوط التوصيل، أو وجود اختناق في مساحة مقطع خط التوصيل الرئيسي لبادئ التشغيل، أو خط التوصيل الأرضي. وفي هذه الحالة يجب فحص قيم الهبوط في الجهد.

إذا لم تصل شدة تيار دائرة القصر في بادئ التشغيل إلى قيمتها المحددة، فإن هذا يدل على وجود خلل في بادئ التشغيل، إذا وجد هبوط في الجهد بعد الاختبار لا يتجاوز القيم المسموح بها، في كل من البطارية وخطوط التوصيل.

أما إذا لم تصل شدة تيار دائرة القصر في بادئ التشغيل إلى القيمة المحددة، وكان هبوط الجهد في البطارية أكبر من القيمة المسموح بها، فإن هذا يدل على وجود خلل في بادئ التشغيل، وفي البطارية أيضا.

في هذه الحالة تنزع أطراف التوصيل من البطارية، وتختبر البطارية باستخدام مقاومة تحميل، ويتم ضبط هذه المقاومة بحيث تسري قيمة شدة تيار دائرة القصر لبادئ التشغيل.

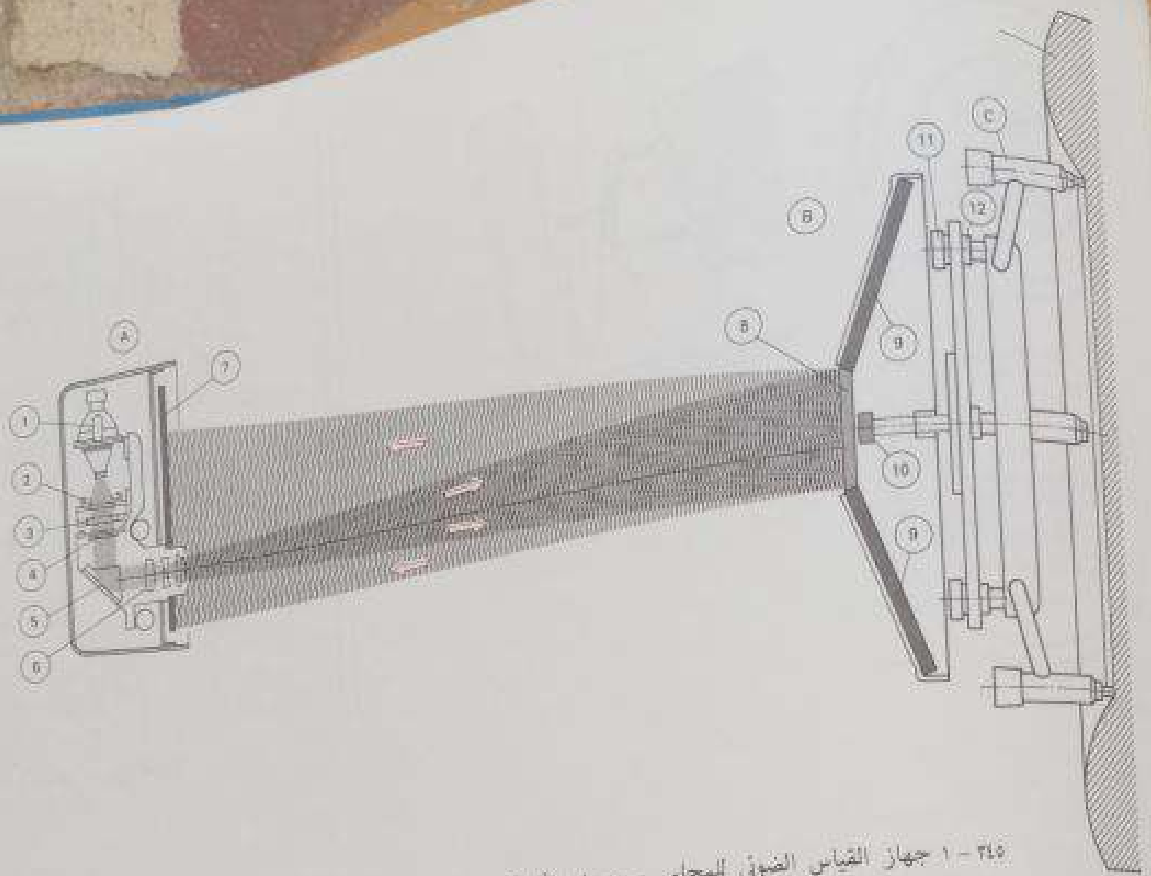
إذا كان معدل هبوط الجهد في حدود القيم المسموح بها، دل هذا على وجود خلل في بادئ التشغيل، أما إذا كان معدل انخفاض الجهد أكبر من المسموح به، فإن هذا يدل على تفريغ البطارية كليا، أو وجود عطل بها.

٩ - ٦ فحص المحاور (القياس بالأشعة الضوئية)

يعتبر الضبط الدقيق لمجموعة التوجيه كلها، من الأشياء الضرورية للحفاظ على الأداء (السلوك) الأمثل للسير بأقل بلى للإطارات والهيكل المعدني للمركبة. ويمكن إجراء الاختبار والضبط الدقيق، باستخدام أجهزة قياس ضوئية للمحاور (شكل ٢٤٥ - ١). وتنقسم هذه الأجهزة إلى نوعين: أجهزة ضوئية ثابتة لقياس المحاور، وأخرى متنقلة.

٩ - ٦ - ١ مجموعة القياس بواسطة جهاز الإسقاط (بروجيكتور)

يقوم مصباح هالوجين مزود بعاكس خاص ①، بإسقاط ضوءه عبر مرشح حراري ②، على مجموعة من العدسات ③، مرتبة بحيث تضاء شريحة بها تدريج ④ إضاءة منتظمة، وبحيث تسقط جميع الأشعة على عدسة شيئية ⑧. وتقوم بعد ذلك مرآة ⑤ بتغيير اتجاه



٣٤٥ - ١ جهاز القياس الضوئي للمحاور - مسار الأشعة.

حزمة الأشعة الضوئية بين الشريحة المدرجة، والعدسة الشيئية بمقدار 90°، وذلك لأسباب متعلقة بطريقة تصميم الجهاز فقط.

تقوم بعد ذلك عدسة شيئية بالغة الدقة ⑥ بتوجيه جميع الأشعة الضوئية، بحيث تُظهر هذه الأشعة - عند سقوطها على لوحة الإسقاط ⑦ - التدريج بمقياس رسم مكبر.

تقوم مرآة ⑧ مثبتة على العجلة، بعكس حزمة الأشعة القادمة من المجموعة الضوئية في طريقها إلى لوحة الإسقاط. وتحتوي المرآة ثلاثية الأجزاء (B) - المثبتة على العجلة - على مرآة متوسطة ⑧، ومرآتين جانبيتين ⑨، تميل كل منهما على المرآة المتوسطة بزاوية مقدارها 20°. ويمكن بواسطة هذه المرايا الجانبية قياس تراوح (خفق) العجلات.

ويعتبر هذا التصميم ضروريا، نظرا لأن مجال قياس الأثر في جهاز الإسقاط (A)، لا يتضمن أكثر من 6°. ولا يمكن - من الناحية الفنية - تصميم جهاز إسقاط يقوم بقياس متواصل (لا تدرجي) للمجال من 0° إلى 25°.

ومن الضروري أن تتأرجح المرآة (B) ذات الثلاثة أجزاء - المثبتة على العجلة في الوضع الرأسي - بدقة تامة. ولذلك فهي مرتكزة على محمل دوران بالغ الدقة ⑩، يسمح بحركة خالية من الاحتكاك، من الناحية العملية.

يتم تثبيت مرايا العجلة على العجلة، بواسطة ماسك المرايا (C). ويتم الضبط الدقيق لأوضاع المرايا، بواسطة تجهيزة ضبط ذات ثلاث نقاط ⑪، ومخروطات تمركز ⑫. وبذلك يمكن ضمان وجود محور مرآة العجلة ⑧ في مركز العجلة تقريبا.

يبين الشكل (٣٤٦ - ١) التدريج المسقط على جهاز الإسقاط. ويتم قراءة قيم القياس على شاشة جهاز الإسقاط الخاصة بذلك. ثم تدون هذه القيم في بطاقة قياس المحور.

الأثر:

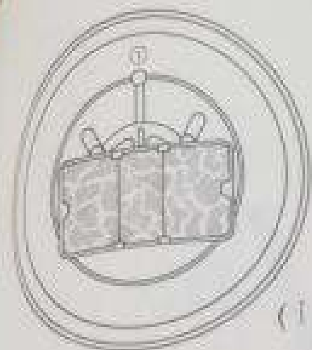
تقرأ قيمة الأثر على التدريج الأفقي لشكل الإسقاط، عند تقاطع الشعرة المتعامدة المشاة، مع تدرج ميل العجلات الأمامية.

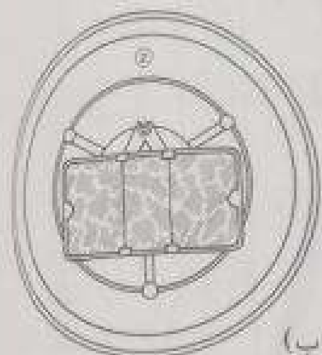
ميل العجلات الأمامية:

تقرأ قيمة ميل العجلات الأمامية على مسقط التدريج العمودي لميل العجلات الأمامية، عند تقاطع الخط الأفقي للشعرة المتعامدة الموجودة على الشاشة، مع تدرج ميل العجلات الأمامية.

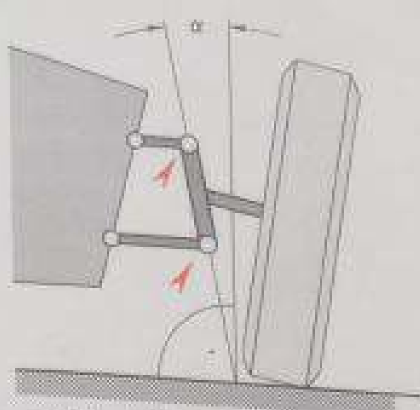
التراوح الميلي:

تقرأ مقدار التراوح الميلي (عند تدوير عجلة القيادة) على مسقط التدريج العمودي للتراوح الميلي، عند تقاطع هذا التدرج مع المؤشر المضبوط.





٣٤٦ - ٣ ضبط مرآة العجلة



٣٤٦ - ٢ قياس زاوية ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران.



٣٤٦ - ١ إسقاط مقياس التدرج.

زاوية فرق الأثر:

تشابه قراءة زاوية فرق الأثر (عند تدوير عجلة القيادة بمقدار 20°) قراءة ميل العجلات الأمامية تماما.

ويزال الخلوص في المفاصل - الذي قد يكون موجودا - باستخدام شداد العجلات، الذي يقوم بضغط العجلتين الأماميتين وإبعادهما عن بعضهما.

٩ - ٦ - ٢ الأعمال التحضيرية لفحص المحور

تقاد المركبة إلى منصب الاختبار، ويجب فحص ضغط الإطارات وتصحيحه إذا لزم الأمر.

ترفع المركبة من الأمام ويجرى التفتيش على محامل العجلات، وخلوص كل من المحور وجهاز التوجيه وإزالته عند اللزوم.

ضبط اعتدال (استقامة) المركبة

عند فحص المحور، يجب أن تكون المركبة في وضع عمودي على جهاز فحص المحور. ويتم ضبط اعتدال (استقامة) المركبة على هذا النحو، بمساعدة التجهيزات الحانية والألواح المتحركة تحت العجلات الخلفية.

مقياس زاوية ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران:

تقاس الزاوية الواقعة بين المستوى المار بنقط دوران محور التوجيه، والمستوى الرأسي، أي العمودي على سطح الطريق (شكل ٣٤٦ - ٢). ويثبت هذا المقياس على لوحة ضبط المرآة، بحيث يكون قابلا للتحريك.

تثبيت ماسك مرآة العجلة

١ - تضبط أطوال أذرع ربط الماسك تبعا لأبعاد طوق العجلة، بحيث تكون الأذرع متساوية في الطول، وبحيث تتوافق الفكوك عند تركيبها على الطوق.

٢ - يوضع الذراعان الجاسان على حافة الطوق، ويجذب الذراع المتحرك بواسطة الصمولة المخرشة، حتى يبدأ القفل في القبض.

٣ - تدخل فكوك أذرع الشد بين حافة الطوق والإطار، بالطرق الخفيف بواسطة قبضة إحدى اليدين، وفي هذه الأثناء يربط المحار الملولب المخرش، الذي يصبح حرا (غير محكم التثبيت)، باستخدام أصبعي اليد الأخرى.

٤ - يجب فحص ثبات استقرار الماسك.

ضبط المرآة على العجلة

يتم تثبيت مرآة العجلة، طبقا لتعليمات الشركة المنتجة. وبعد رفع محور المركبة بواسطة مرفاع المركبة، أو مرفاع الحفرة، يمكن ضبط المرآة المثبتة على العجلة كالتالي:

١- تدار العجلة أولا بزاوية مقدارها 180° (شكل ٣٤٦ – ٣ب)، ثم يراقب تدريج الأثر. وتحرك العجلة قليلا إذا لزم الأمر، حتى يشير تدريج الأثر إلى الصفر.

٢- تدار العجلة مرة أخرى إلى الوضع الأصلي (شكل ٣٤٦ – ٣)، وينصف الأثر – أي المسافة المبينة على الجهاز – بإدارة أحد مسماري الضبط ①.

٣- يضبط مؤشر التراوح الميلي (الميل الخلفي للمحور الأمامي عن المستوى الرأسي)، على لوحة الإسقاط عند قيمة الصفر.

٤- تدار العجلة مرة أخرى بزاوية مقدارها 180° (شكل ٣٤٦ – ٣ب)، وتنصف قيمة التراوح الميلي بواسطة تدوير مسمار الضبط②.

٥- تكرر الخطوات من ١ إلى ٤ للتأكد، ويعاد الضبط الدقيق إذا لزم الأمر.

٦- يجب مراعاة التراوح الرأسي والجانبي للعجلة، أثناء ضبط مرآة العجلة. ويجب استبدال العجلة إذا لزم الأمر. كذلك يجب التخلص من الخلوص الكبير في محامل محور دوران العجلات.

شداد العجلة

يجب مراقبة الخلوص بالمفاصل التي تقوم بوظيفة المحافظة على الأثر باستمرار، في حالة المركبات المستعملة. ويجب إزالة هذا الخلوص أثناء عملية القياس، لضمان إجراء القياس والضبط السليم للأثر. ويتكون شداد العجلة – المستخدم لهذا الغرض – من أنبوبتين متداخلتين. يتم ضبط الأنبوبة على مقدار عرض المحور، ثم يسلط الضغط الجانبي على العجلة عن طريق مسمار الشد.

٩-٦-٣ الأثر – زاوية فرق الأثر – التراوح الميلي – ميل المسمار الرئيسي لمحور دوران العجلة – فحص المحور الخلفي

قياس الأثر وميل العجلات الأمامية (بدون تحميل)

العجلة الأمامية اليسرى

- توجه العجلات في الاتجاه المستقيم (العدل)، إلى أن يشير مؤشر الأثر – في الجانب الأيسر – إلى الصفر.
- يقرأ ميل العجلة على جهاز الإسقاط الأيسر، وتدون القيمة في بطاقة القياس ① (شكل ٣٥٠ – ١).

العجلة الأمامية اليمنى

- يقرأ الأثر الكلي على جهاز الإسقاط الأيمن، وتدون القيمة في بطاقة القياس، تحت عمود «الأثر الكلي في الاتجاه المستقيم (العدل)» ②.
- توجه العجلات الأمامية في الاتجاه المستقيم، إلى أن يشير مؤشر الأثر – في الجانب الأيمن – إلى الصفر.
- يقرأ ميل العجلة على جهاز الإسقاط الأيمن، وتدون القيمة في بطاقة القياس ③.
- يقرأ الأثر الأيسر، وتدون القيمة في بطاقة فحص (قياس) المحور، تحت بند «الأثر المفرد في الاتجاه المستقيم (العدل)»، عند التدرج الأيسر للأثر ④.
- يقرأ الأثر الأيمن، وتدون القيمة في بطاقة فحص (قياس) المحور، تحت بند «الأثر المفرد في الاتجاه المستقيم»، عند التدرج الأيمن للأثر ⑤.

قياس الأثر (تحت تأثير الحمل والضغط)

- توجه العجلات الأمامية في الاتجاه المستقيم، إلى أن يشير مؤشر الأثر – في الجانب الأيسر – إلى الصفر.
- يوضع شداد العجلات في الأمام، بين العجلات الأمامية، وعلى ارتفاع سرة العجلات تقريبا ويشد، وتحمل المركبة بعد ذلك، تبعا لتعليمات الشركة المنتجة.
- يقرأ الأثر الكلي على جهاز الإسقاط الأيمن، وتدون القيمة في بطاقة القياس، تحت بند «الأثر الكلي في الاتجاه المستقيم»، مع الضغط والتحميل ⑥.

قياس أثر وميل العجلات الخلفية

- يقرأ الأثر على جهاز الإسقاط الأيسر الخلفي، وتدون القيمة في بطاقة القياس ⑦.
- يقرأ ميل العجلات الخلفية على جهاز الإسقاط الأيسر الخلفي، وتدون القراءة في بطاقة القياس ⑧.
- يقرأ الأثر على جهاز الإسقاط الأيمن الخلفي، وتدون القراءة في بطاقة القياس ⑨.

• يقرأ ميل العجلات الخلفية على جهاز الإسقاط الأيمن الخلفي، وتدوّن القيمة في بطاقة القياس ⑨.
• يحسب الأثر الكلي للمحور الخلفي من جمع القيم ⑦ و ⑨.
• لاحظ الإشارات السالبة والموجبة عند الجمع، وتدوّن القيمة في بند «الأثر الكلي» ⑪.

قياس فرق الأثر والتراوح الميلي

• تدار (تلف) العجلات بزاوية مقدارها 20° نحو اليمين، حتى يبين تدرج الأثر القيمة صفر، على جهاز الإسقاط الأيمن.
• يضبط مؤشر التراوح الميلي في جهاز الإسقاط الأيمن، بحيث يبين تدرج التراوح الميلي القيمة صفر.
• تقرأ زاوية فرق الأثر على جهاز الإسقاط الأيسر، وتدوّن القراءة في بطاقة القياس، تحت بند «تدوير العجلات بزاوية 20° نحو اليمين، وقياس من اليسار» ⑫.
• تدار (تلف) العجلات بزاوية مقدارها 20 نحو اليسار، حتى يبين تدرج الأثر القيمة صفر، على جهاز الإسقاط الأيسر.
• يضبط مؤشر التراوح الميلي في جهاز الإسقاط الأيسر، بحيث يبين تدرج التراوح الميلي القيمة صفر.
• تقرأ زاوية فرق الأثر على جهاز الإسقاط الأيمن، وتدوّن القراءة في بطاقة القياس، تحت بند «تدوير العجلات بزاوية 20° نحو اليسار، وقياس من اليمين» ⑬.
• يستأنف تدوير العجلات إلى جهة اليسار حتى يبين جهاز الإسقاط الأيمن القيمة صفر، على تدرج الأثر.
• يقرأ التراوح الميلي الذي يبينه مؤشر جهاز الإسقاط الأيمن، وتدوّن القيمة في بطاقة القياس ⑭.
• تقارن القيمة المقاسة بالقيمة النظرية.
• تدار (تلف) العجلات بزاوية مقدارها 20° إلى اليمين، حتى يسجل مؤشر الأثر القيمة صفر، على جهاز الإسقاط الأيسر.
• يقرأ التراوح الميلي الذي يبينه مؤشر جهاز الإسقاط الأيسر، وتدوّن القراءة في بطاقة القياس ⑮.
• تقارن القيمة المقاسة بالقيمة النظرية.

قياس زاوية ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران

قياس زاوية الميل في الجهة اليسرى

• تدار (تلف) العجلة الأمامية اليسرى بزاوية مقدارها 20° إلى اليمين، ويضبط تدرج زاوية ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران على الصفر.
• تحرك تجهيزة قياس زاوية الميل حتى تصبح فقاعة ميزان الاستواء المائي في المنتصف بين الخطين.
• تدار (تلف) العجلة اليسرى بزاوية مقدارها 40° إلى اليسار، لتصبح الزاوية 20° إلى اليسار. وتدار تجهيزة قياس زاوية ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران، حتى تصبح فقاعة ميزان الاستواء المائي في المنتصف بين الخطين مرة أخرى.
• تقرأ قيمة زاوية ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران، وتدوّن في بطاقة القياس ⑯. وتقارن القيمة المقاسة بالقيمة النظرية.

قياس زاوية الميل في الجهة اليمنى

• تدار (تلف) العجلة الأمامية اليمنى بزاوية مقدارها 20° إلى اليسار. ويضبط تدرج زاوية ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران على الصفر.
• تحرك تجهيزة قياس زاوية الميل، حتى تصبح فقاعة ميزان الاستواء المائي في المنتصف بين الخطين.
• تدار (تلف) العجلة اليمنى بزاوية مقدارها 40° إلى اليمين، لتصبح الزاوية 20° إلى اليمين.
• تدار تجهيزة قياس زاوية ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران، حتى تصبح فقاعة ميزان الاستواء المائي في المنتصف بين الخطين مرة أخرى.
• تقرأ قيمة زاوية ميل المسمار الرئيسي لمحور الدوران، وتدوّن في بطاقة القياس ⑰. وتقارن القيمة المقاسة بالقيمة النظرية.

٩-٦-٤ جدول التحويل من درجات (°) ودقائق (') إلى مليمترات

	10''	12''	13''	14''	15''	16''	17''	18''	20''	22''	24''
0° 05'	0.41	0.49	0.52	0.56	0.62	0.65	0.70	0.73	0.80	0.90	1.00
0° 10'	0.83	0.97	1.05	1.12	1.25	1.3	1.4	1.45	1.6	1.8	2.0
0° 15'	1.24	1.46	1.51	1.68	1.87	1.95	2.1	2.18	2.4	2.7	3.05
0° 20'	1.65	1.95	2.1	2.25	2.5	2.6	2.8	2.91	3.2	3.6	4.1
0° 25'	2.06	2.43	2.65	2.82	3.12	3.25	3.45	3.63	4.0	4.55	5.1
0° 30'	2.48	2.92	3.15	3.40	3.75	3.9	4.1	4.36	4.8	5.5	6.1
0° 35'	2.89	3.41	3.67	3.97	4.37	4.55	4.8	5.09	5.6	6.4	7.1
0° 40'	3.30	3.89	4.2	4.55	5.0	5.2	5.5	5.82	6.4	7.3	8.1
0° 45'	3.71	4.38	4.72	5.12	5.6	5.85	6.2	6.54	7.2	8.2	9.1
0° 50'	4.12	4.87	5.25	5.7	6.2	6.5	6.9	7.27	8.0	9.1	10.2
0° 55'	4.54	5.35	5.77	6.25	6.85	7.15	7.6	8.0	8.8	10.05	11.2
1° 0'	4.95	5.84	6.3	6.8	7.5	7.8	8.3	8.72	9.6	11.0	12.2
1° 5'	5.36	6.33	6.82	7.37	8.1	8.45	9.0	9.45	10.4	11.9	13.2
1° 10'	5.78	6.81	7.35	7.95	8.7	9.1	9.7	10.17	11.2	12.8	14.2
1° 15'	6.19	7.30	7.87	8.52	9.3	9.75	10.35	10.90	12.0	13.7	15.25
1° 20'	6.60	7.79	8.4	9.1	9.9	10.4	11.0	11.63	12.8	14.6	16.3
1° 25'	7.01	8.27	8.92	9.65	10.55	11.05	11.7	12.36	13.6	15.5	17.3
1° 30'	7.42	8.76	9.45	10.2	11.2	11.7	12.4	13.1	14.4	16.4	18.3
1° 35'	7.84	9.25	9.97	10.8	11.8	12.35	13.1	13.83	15.2	17.3	19.3
1° 40'	8.25	9.73	10.5	11.4	12.4	13.0	13.8	14.55	16.0	18.2	20.3
1° 45'	8.66	10.22	11.02	11.95	13.0	13.65	14.5	15.27	16.8	19.1	21.35
1° 50'	9.07	10.71	11.55	12.5	13.6	14.3	15.2	16.0	17.6	20.0	22.4
1° 55'	9.49	11.19	12.07	13.05	14.2	14.95	15.9	16.72	18.4	20.9	23.45
2° 0'	9.90	11.68	12.6	13.6	14.8	15.6	16.6	17.45	16.2	21.8	24.5

٩-٦-٥ بطاقة فحص (قياس) المحور (شكل ٣٥٠-١)

٩-٦-٦ تقييم (تحليل) نتائج القياس

القيم المدوّنة في بطاقة القياس هي القيم الفعلية المقاسة . ويجب مقارنة هذه القيم بالقيم النظرية . وتسجل القيم النظرية مع تفاوتها المسموح بها في بطاقة القياس . وإذا وقعت القيمة المقاسة خارج مجال التفاوت المسموح به ، فإنه يجب في هذه الحالة إجراء الإصلاحات وأعمال الضبط والتصحيح اللازمة .

شبه منحرف التوجيه

تستخدم القيم المقاسة لزوايا فرق الأثر لمعرفة ما إذا كان شبه منحرف التوجيه يعمل بطريقة مطابقة للتصميم ، أم أن هناك تغيرات غير مسموح بها مثل انحناء ذراع محور التوجيه .

يجب الانتباه إلى أن أي تغير في الأثر يتبعه تغير في زوايا فرق الأثر .

تحدد زاوية فرق الأثر بالنسبة للمركبات المنتجة في أوروبا عند زاوية تدوير للعجلات مقدارها 20° للعجلة الداخلية بالنسبة للسير في المنعطف ، بينما تحدد بالنسبة للمركبات المنتجة في الولايات المتحدة الأمريكية غالبا ، عند زاوية تدوير العجلات مقدارها 20° للعجلة الخارجية بالنسبة للسير في المنعطف .

وعند تحديد شبه منحرف التوجيه وقياس الأثر عندما تكون العجلات في الاتجاه المستقيم ، وعندما تدور بزاوية 20° ، يجب أن يتم القياس في هاتين الحالتين تحت نفس الظروف .

أ) العجلات بدون ضغط .

ب) العجلات الخلفية مضغوطة نحو الداخل ، أي تجاه بعضها البعض . والعجلات الأمامية مضغوطة نحو الخارج ، أي متبعدة بالضغط عن بعضها البعض (ged) .

جـ) العجلات محملة ومضغوطة (محملة) (bel)

الأثر الموجب

زاوية فرق الأثر عن تدوير العجلات بزاوية 20° يمينا

+ زاوية فرق الأثر عند تدوير العجلات بزاوية 20° يسارا

+ ضعف زاوية الأثر والعجلات في الاتجاه المستقيم .

= ضعف القيمة المقاسة لزاوية فرق الأثر

الأثر السالب

زاوية فرق الأثر عند تدوير العجلات بزاوية 20° يمينا

+ زاوية فرق الأثر عند تدوير العجلات بزاوية 20° يسارا

– ضعف زاوية الأثر والعجلات في الاتجاه المستقيم

= ضعف القيمة المقاسة لزاوية فرق الأثر

التراوح الميلي - الجانب الأيسر

القيمة المقاسة	القيمة النظرية

ميل المسمار الرئيسي
لمحور الدوران - الجانب الأيسر

القيمة المقاسة	النظرية القيمة

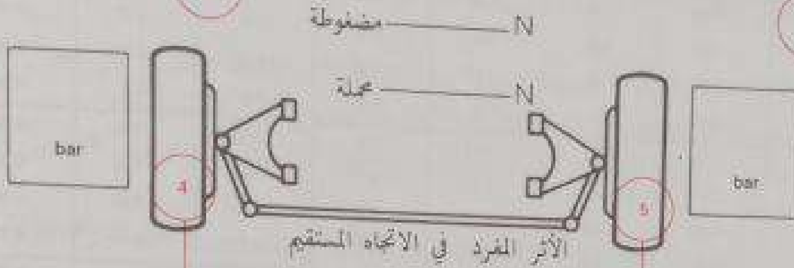
التراوح الميلي - الجانب الأيمن

القيمة المقاسة	القيمة النظرية

ميل المسمار الرئيسي لمحور
الدوران - الجانب الأيمن

القيمة المقاسة	القيمة النظرية





الأثر المفرد في الاتجاه المستقيم





ميل العجلة الأمامية

ميل العجلة الأمامية

الأثر الكلي في
الاتجاه المستقيم



فرق زاوية الأثر





تدوير العجلات بزاوية 20°
نحو اليمين وقياس من الجانب الأيسر

تدوير العجلات بزاوية 20°
نحو اليسار وقياس من الجانب الأيمن



وضع العجلات الخلفية





الأثر الكلي



ميل العجلة

ميل العجلة

اسم المختبر　　　　خاتم الشركة　　　　التاريخ

ملاحظة: تدوّن كل من القيم النظرية مع تفاوتاتها المسموح بها وكذلك القيم المقاسة فعليا، مثال:

القيمة المقاسة



القيمة النظرية

ويمكن القول بأن شبه منحرف التوجيه يعمل بأداء سليم، وأن العجلات تتخذ وضعها المحدد لها في التصميم، أثناء السير في المنعطفات، عندما يتحقق ما يلي:

أ) تساوي زوايا فرق الأثر المقاسة عند تدوير العجلات إلى اليمين وإلى اليسار.

ب) تطابق ضعف القيمة الفعلية المقاسة لزاوية فرق الأثر مع ضعف القيمة النظرية لزاوية فرق الأثر.

في حالة عدم وجود معلومات حول مدى التفاوت المسموح به فإنه لا يجوز أن يتعدى التفاوت بين ضعف القيمة الفعلية المقاسة لزاوية فرق الأثر، وضعف القيمة النظرية لها، مقدار '30 ±. كما يجب ألا يتعدى فرق زاوية الأثر بين تدوير العجلات نحو اليسار وتدويرها نحو اليمين مقدار '40.

٩-١-٧ تقييم (تحليل) لنتائج قياسات شبه منحرف التوجيه

إذا كان ضعف القيمة النظرية يساوي ضعف القيمة الفعلية المقاسة. وزاوية تدوير العجلات نحو اليمين تساوي زاوي تدويرها نحو اليسار (شكل ٣٥١ - ١).

عندما يتساوى ضعف القيمة النظرية وضعف القيمة الفعلية المقاسة، وكذلك عندما تتساوى زاوية تدوير العجلات نحو اليمين مع زاوية تدويرها نحو اليسار، فإن ذلك يدل على أن شبه منحرف التوجيه يعمل بطريقة سليمة. ويقع التفاوت المسموح به لضعف القيمة النظرية في الحدود بين '30 ±. بينما يجب أن لا يتعدى الفرق المسموح به بين زاوية تدوير العجلات نحو اليسار وزاوية تدويرها نحو اليمين '40.

إذا كان ضعف القيمة النظرية يساوي ضعف القيمة الفعلية المقاسة. وزاوية تدوير العجلات نحو اليمين لا تساوي زاوية تدويرها نحو اليسار (شكل ٣٥١ - ٢).

عندما يتساوى ضعف القيمة النظرية وضعف القيمة المقاسة، فإن ذلك يدل على عدم انحناء أذرع محور التوجيه. ويؤدي وجود ذراع توصيل حركة جهاز التوجيه - أي الذراع الأوسط بشداتة التوجيه - في وضع مائل، إلى اختلاف في قيم زوايا تدوير العجلات نحو اليمين ونحو اليسار. فإذا كانت قيمة زاوية التدوير نحو اليمين أقل من قيمة زاوية التدوير نحو اليسار، فيدل هذا على ميل هذا الذراع جهة اليمين. أما إذا كانت زاوية التدوير نحو اليسار أصغر من زاوية التدوير نحو اليمين، فيدل هذا على ميل الذراع جهة اليسار.

إذا كان ضعف القيمة الفعلية المقاسة أصغر من ضعف القيمة النظرية، عند عدم تساوي زاوية التدوير إلى اليمين مع زاوية التدوير إلى اليسار (شكل ٣٥١ - ٣).

يدل صغر ضعف القيمة الفعلية المقاسة عن ضعف القيمة النظرية، على انحناء ذراع محور التوجيه نحو الخارج في اتجاه العجلة. وإذا كانت زاوية تدوير العجلات نحو اليمين أصغر من زاوية تدوير العجلات نحو اليسار، فإن هذا يدل على وجود الخطأ في الجانب



(٣٥١ - ١)



(٣٥١ - ٢)



(٣٥١ - ٣)



(٣٥١ - ٤)

الأيمن. أما إذا كانت زاوية التدوير نحو اليسار أصغر من زاوية التدوير نحو اليمين، فيدل هذا على وجود الخطأ في الجانب الأيسر. في حالة وجود أذرع محور التوجيه أمام المحور، فإن هذا يدل على أن انحناء ذراع توجيه المحور يتجه نحو الداخل.

إذا كان ضعف القيمة الفعلية المقاسة أكبر من ضعف القيمة النظرية مع عدم تساوي زاوية التدوير نحو اليمين مع زاوية التدوير نحو اليسار (شكل ٣٥١ – ٤)

يدل كبر ضعف القيمة الفعلية المقاسة عن ضعف القيمة النظرية، على انحناء أحد أذرع محور التوجيه إلى الداخل، في اتجاه وسط المركبة. وإذا كانت زاوية التدوير نحو اليمين أكبر من زاوية التدوير نحو اليسار، فإن هذا يدل على وجود الخطأ في الجانب الأيمن. أما إذا كانت زاوية التدوير نحو اليسار أكبر من زاوية التدوير نحو اليمين، فيدل هذا على وجود الخطأ في الجانب الأيسر. في حالة وجود أذرع محور التوجيه أمام المحور، فإن هذا يدل على انحناء ذراع محور التوجيه نحو الخارج.

٩ – ٦ – ٨ بيانات مكتسبة من الخبرة العملية للتعرف على العيوب أو الأعطاب

العيب (العطب) الناشئ	العلاج
بلى (تآكل) الإطارات	
في العجلة الأمامية اليمنى عند الحافة الخارجية	يضبط الأثر على السالب بمقدار ('20 –) لسيارات ركوب الأشخاص، وبمقدار ('10 –) للشاحنات. ويقلل كذلك ميل العجلات الأمامية عند العجلة اليمنى (إذا لزم الأمر).
في العجلة الأمامية اليمنى عند الحافة الداخلية	يضبط الأثر على الموجب بمقدار ('5 +) لسيارات ركوب الأشخاص، وبمقدار ('10 +) للشاحنات. ويزاد كذلك ميل العجلات الأمامية عند العجلة اليمنى (إذا لزم الأمر).
في العجلة الأمامية اليسرى عند الحافة الخارجية	يضبط الأثر على السالب بمقدار ('20 –) لسيارات ركوب الأشخاص، وبمقدار ('10 –) للشاحنات. ويقلل كذلك ميل العجلات الأمامية عند العجلة اليسرى (إذا لزم الأمر).
في العجلة الأمامية اليسرى عند الحافة الداخلية	يضبط الأثر على الموجب بمقدار ('5 +) لسيارات ركوب الأشخاص، وبمقدار ('10 +) للشاحنات. ويزاد كذلك ميل العجلات الأمامية عند العجلة اليسرى (إذا لزم الأمر).
في العجلات الخلفية	تصحح أوضاع العجلات الخلفية والأثر. كذلك يضبط شبه منحرف التوجيه.
انحراف المركبة إلى اليمين	يقلل ميل العجلات الأمامية عند العجلة اليمنى، ويزاد التراوح الميلي. وتستبدل العجلات الأماميتان بعضهما ببعض.
انحراف المركبة إلى اليسار	يقلل ميل العجلات الأمامية عند العجلة اليسرى. ويزاد التراوح الميلي. وتستبدل العجلات الأماميتان بعضهما ببعض.
وجود اختلاف كبير في ميل العجلات الأمامية بين العجلة اليمنى والعجلة اليسرى	تختبر النوابض الخلفية والنوابض الأمامية لمعرفة مدى ارتخائها، وتستبدل إذا لزم الأمر. أما في حالة المحور الجاسئ، فينتج هذا الخلل عن انحناء جسم هذا المحور أو انحناء محور التوجيه.
وجود صعوبة في عملية توجيه المركبة عند السير في المنعطفات	يقلل التراوح الميلي، ولذا يجب أن يكون كل من جهاز التوجيه ومحور التوجيه وغيرها من الأجزاء سهل الحركة.
اهتزاز (ارتعاش) العجلتين الأماميتين عند مجال السرعة الواقع بين 30 km/h إلى 50 km/h	يقلل التراوح الميلي.
صعوبة السيطرة على القيادة (عدم الاستقرار) عند السرعات المرتفعة (كأن المركبة تسبح)	يزاد التراوح الميلي.
يكون ميل العجلات الأمامية مضبوطا بصورة صحيحة بينما يوجد اختلاف في التراوح الميلي.	الخلل ناتج عن التواء في إطار المركبة أو جسم المحور.
تحدث العجلات صفيرا أثناء السير في المنعطفات سواء إلى اليمين أو إلى اليسار.	يضبط الأثر.
تحدث الصفير عند السير نحو جهة واحدة.	يضبط انتظام شبه منحرف التوجيه.

٩ - ٧ اختبار الفرامل على منصب اختبار الفرامل

إن وظيفة فرملة التشغيل هي خفض سرعة المركبة أو إيقافها - إذا لزم الأمر - دون أن يؤثر تشغيل الفرملة على اتجاه السير. أما وظيفة فرملة التثبيت (اليد)، فهي منع تدحرج المركبة المتوقفة أو تحركها. وفي بعض الظروف الاضطرارية تستخدم فرامل التثبيت كفرامل مساعدة، عند تعطل فرامل التشغيل.

يعطي اختبار الفرامل في الطريق صورة عامة عن التقاصر الكلي لدورة الفرامل (دورة الإيقاف)، ولكنه لا يعطي أي بيانات تفصيلية عن حالة الفرملة في كل عجلة على حدة.

يمكن إجراء القياسات التالية على منصب اختبار الفرامل:

أ) قوة الكبح لفرملة كل عجلة على حدة.
ب) الفرق في قوة الكبح لعجلات المحور الواحد.
ج) توزيع قوة الكبح بين المحور الأمامي والمحور الخلفي.
د) قوة الكبح لفرملة التثبيت في كل عجلة على حدة.
هـ) بدء منع (إعاقة) فعل الكبح في كل عجلة على حدة.
و) مقاومة التدحرج لكل عجلة على حدة.

وعن طريق تحليل نتائج القياس يمكن اكتشاف وتحديد العيوب التالية في دورة الفرامل بالمركبة: تشوه سطح قرص الفرملة - عدم استدارة دارة الفرملة - تلوث بطانة الفرملة بالزيت - انحشار الكباس في أسطوانة فرملة العجلة. وباستخدام منصب اختبار الفرامل، يمكن الحصول على نتائج قابلة للتكرار والمقارنة ببعضها البعض. ويمكن أيضا مقارنة القيم الفعلية المقاسة لقوة الكبح بالقيم النظرية له.

٩-٧-١ طريقة عمل منصب اختبار الفرامل (شكل ٣٥٣ - ١)

يتكون الهيكل الملحوم من قطاعات (مقاطع) حجر الأساس في منصب الاختبار. ويرتكز (يحمل) على هذا الهيكل طاقمي دلافين ثلاثية الأجزاء، مزودة بمحركات إدارة كهربائية وأجهزة لقياس القوة.

يتكون كل طاقم دلافين من دلفيني اختبار متماثلين، مشكل سطحاهما ببنية خاصة للتدحرج (سطح خشن أو مكسو بشبكة معدنية). ويرتبط الدلفينان ببعضهما ارتباطا مرنا بواسطة سلاسل متحركة. ويوضع بين دلفيني الاختبار ضابط (أسطوانة) قطع التلامس يحتمل على هزازة متصلة بنابض. ويتحكم هذا الضابط في الدوران التلقائي لدلفيني الاختبار (بوصل دائرتيهما الكهربائية)، وكذلك في إيقافهما (بفصل دائرتيهما الكهربائية)، في حالة الانزلاق الكبير بين العجلة ودلفين الاختبار (توصيل الانزلاق والحماية من منع (إعاقة) فعل الكبح). وتقاس قوى الكبح الناتجة باستخدام مرسل قيم قياس ميكانيكي أو كهربائي أو هيدرولي، ثم تنقل قيم هذه القوى إلى أجهزة البيان في لوحة المفاتيح.



٣٥٣ - ١ شكل تخطيطي يمثل تركيب منصب اختبار الفرامل.

فرامل العجلات الأمامية

١ - يختبر الضغط في إطارات العجلات جميعا، ويضبط إذا لزم الأمر.
٢ - تقاد المركبة فوق منصب الاختبار، بحيث تكون العجلتان الأماميتان فوق منتصف دلافين الاختبار، وتكون المركبة على المنصب في وضع مستقيم.
٣ - تثبت عجلة القيادة عند تشغيل محركات الإدارة. فإذا تحركت المركبة، فيجب إعادتها عن طريق تصحيح التوجيه، وبعد ذلك تشد فرامل اليد (فرامل التثبيت)، طالما كانت تؤثر على العجلات الخلفية.
٤ - يثبت جهاز قياس قوة الدعسة على دعسة الفرامل. وتوصل كذلك خطوط توصيل القياس الخاصة بضغط الهواء الموحد.
٥ - بعد زيادة سرعة دوران محركات الإدارة، تعطي مصابيح المراقبة إشارة ضوئية بإمكان بدء الاختبار.
٦ - يضغط على دعسة الفرامل بالقدم حتى نهاية شوطها لمدة 30 s، عند قوة كبح متوسطة، ثم تحرر الفرملة ثانية.
٧ - تمثل القيمة الفعلية المقاسة في هذه الحالة مقاومة العجلات للتدحرج. تسجل قيم القياس في بطاقة اختبار الفرامل (شكل ٢٥٥ - ١).
٨ - يحدث بدء استجابة الفرامل - في حالة الفرامل الهيدرولية ذات التأثير المباشر - عن طريق تشغيل دعسة الفرامل باحتراس. وبمجرد ارتفاع القيمة إلى قيمة مقاومة التدحرج التي سجلت من قبل، تبدأ الفرامل في التأثير. فتقرأ قوة دعسة الفرامل وتدون في بطاقة اختبار الفرامل (شكل ٢٥٥ - ١). ثم تزاد قوة الضغط على دعسة الفرامل بعد ذلك تدريجيا حتى يتم الحصول على أكبر قوة كبح، ثم تدون قوى الكبح لكل عجلة ولقوة الضغط على دعسة الفرامل في بطاقة الاختبار.

فرامل العجلات الخلفية:

تتبع هنا نفس خطوات تخص فرامل العجلات الأمامية.

فرامل المركبات ذوات المحاور المزدوجة

تتبع هنا أيضا نفس خطوات اختبار فرامل العجلات الأمامية. ويجب الانتباه إلى أنه إذا اتصلت المحاور المزدوجة ببعضها البعض اتصالا مرنا (بدون معادلة للمحاور)، فإنه لا يمكن في هذه الحالة إجراء الاختبار قبل فك العمود المفصلي الواصل بين المحورين وفصله عن المجموعة.

فرملة اليد

تتبع في هذه الحالة نفس خطوات تخص فرامل العجلات الأمامية.
تشد فرملة اليد ببطء، حتى تبدأ الفرامل في الاستجابة. وبعدها تشد الفرامل ثانية حتى يتم التوصل إلى أكبر قوة كبح.
ويجب في هذه الحالة فك مزلاج فرملة اليد، حتى يمكن إزالة التحميل عن الفرملة، فور الوصول إلى حد منع (إعاقة) فعل الكبح. وإذا لم تتم إزالة التحميل بسرعة كافية عن الفرملة، فإن ذلك يهدد بخطورة تحرك المركبة على منصب الاختبار إلى الخلف.

إنهاء الاختبار

إذا أريد إرجاع المركبة إلى الخلف لإخراجها من منصب الاختبار بعد الانتهاء من الاختبار، فإنه يجب أولا قيادة المركبة إلى الأمام لكي تخرج عن الدلافين، ثم تقاد المركبة إلى الخلف في دفعة واحدة متجاوزة دلافين منصب الاختبار.

٩ - ٧ - ٣ تقييم (تحليل) نتائج الاختبار

يتم تسجيل قوة الكبح لكل عجلة على حدة، وتحسب قوة الكبح الكلية $F_{Br\,tot}$، بجمع قوى الكبح الفردية لكل عجلة F_{Br}. ويحسب كل من تقاصر الكبح (a)، والنسبة المئوية للكبح، باستخدام قوة الكبح الكلية $F_{Br\,tot}$، والوزن الكلي للمركبة G.

الرمز	وحدة القياس
a = تقاصر الكبح	m/s^2
$F_{Br\,tot}$ = قوة الكبح الكلية	N
G = الوزن الكلي للمركبة	N

$9.81\ m/s^2$ = أقصى تقاصر كبح، ويعادل نسبة كبح مقدارها 100%.

$$\text{تقاصر الكبح (a)} = \frac{\text{قوة الكبح الكلية} \times 9.81}{\text{الوزن الكلي للمركبة}}$$

$$a = \frac{F_{Br\,tot} \times 9.81}{G}$$

$$\text{النسبة المئوية للكبح} = \frac{\text{قوة الكبح الكلية} \times 100}{\text{الوزن الكلي للمركبة}}$$

$$\text{Braking (\%)} = \frac{F_{Br\,tot} \times 100}{G}$$

تنص لوائح بعض الدول الأوروبية، على أنه يجب ألا تقل قوة الكبح الكلية لفرملة التشغيل عن 40%، ولفرملة التثبيت (اليد) عن 20% من وزن المركبة الكلي المسموح به. وهذا يعادل تقاصر كبح لفرملة التشغيل مقداره $2.5\ m/s^2$ وتقاصر كبح لفرملة التثبيت مقداره $1.5\ m/s^2$.

ويجب ألا يتجاوز الاختلاف بين قوى الكبح للمحور الواحد مقدار 30% من أكبر قوة كبح بالمحور.

٩ - ٨ اختبار القدرة باستخدام منصب الاختبار ذي الدلافين

باستخدام مناصب اختبار القدرة وأجهزة اختبار المحرك المعروفة، يمكن اختبار وضبط حوالي ثلاثين وظيفة أداء بالمركبة عند جميع ظروف وشروط التشغيل المختلفة.

ويمكن في هذا الصدد إجراء الاختبارات والقياسات التالية:

قدرة وسلوك (أداء) السير:

وهي تشمل اختبار القدرة عند كل عجلة إدارة، عند سرعات الدوران المختلفة للمحرك وسرعات السير المختلفة، مع قياس معدل استهلاك الوقود المناظر لكل حالة – مقدرة التسارع – معايرة مقياس السرعة، وجهاز قياس المسافات (عداد الكيلومترات)، ومقياس سرعة الدوران وانخفاض سرعة الدوران، والقدرة عند إلغاء إحدى الأسطوانات، الحكم على الحالة الميكانيكية للأسطوانة الملغاة – أداء القابض وصندوق تروس تغيير السرعات لوظائفها – تحديد مراحل التغيير في صندوق التروس الأوتوماتي لتغيير السرعة – الحكم على الخلوص في أجهزة الإدارة والضوضاء، وخاصة عن تغير الحمل في صندوق التروس والعمود المفصلي (عمود الكردان) ومجموعة إدارة المحور وأعمدة الإدارة.

بالإضافة إلى ذلك يمكن اختبار الوظائف الميكانيكية والكهربائية لدورة الإشعال، وكذلك وظيفة وسلوك الأداء لتجهيزة تحضير الخليط (المكربن وملحقاته).

ولا يمكن إجراء هذه الاختبارات الشاملة على الطريق، إلا جزئيا وبمجهود شاق ومضني.

ويمكن إجراء اختبار القدرة المنوه عنه بطرق مختلفة، تبعا لنوع منصب الاختبار. وهناك ثلاث طرق كبح لقياس القدرة هي:

١ - الكبح الميكانيكي لقياس القدرة (فرملة بروني).
٢ - الكبح الهيدرولي لقياس القدرة (فرملة بدوامة سوائل).
٣ - الكبح الكهربائي لقياس القدرة (فرملة بالتيارات الدوامية).

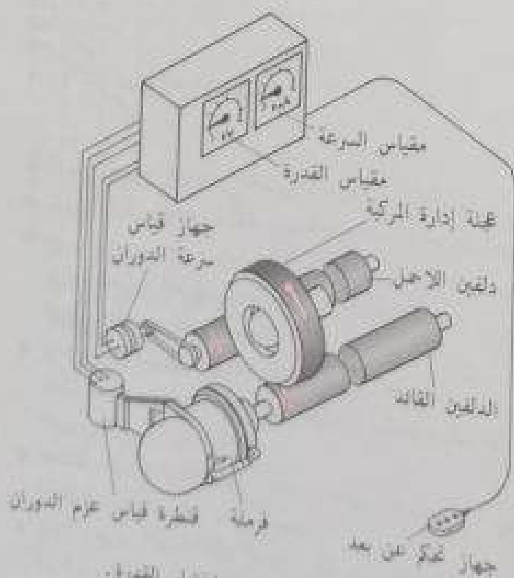
غالبا ما تقوم مناصب اختبار الأداء بتحميل المحرك بواسطة حذافة أثناء زيادة سرعة الدوران.

بطاقة اختبار المكابح

قوة الكبح = 10 N

فرملة اليد		العجلات الخلفية		العجلات الأمامية	
500	500	500	500	500	500
400	400	400	400	400	400
300	300	300	300	300	300
200	200	200	200	200	200
100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	0

٣٥٥ - ١ بطاقة اختبار الفرامل



٣٥٥ - ٢ شكل تخطيطي لتركيب منصب اختبار القدرة.

٩ – ٨ – ١ طريقة عمل مناصب اختبار القدرة

تقوم عجلتا إدارة المركبة بتحريك دلافين منصب اختبار القدرة ضد مقاومة فرملة القياس، وتحتوي معظم مناصب اختبار القد على إمكانية ضبط المقاومة – وبالتالي قوة فرملة القياس – بطريقة انسيابية سلسة (غير متدرجة).

يقاس عزم الدوران الناتج عند عجلتي الإدارة. وتقاس كذلك سرعة دوران الدلافين، وتحسب القدرة منهما، وتبين على تدريج جه القياس. تستنتج كذلك سرعة سير المركبة من سرعة دوران الدلافين، وتبين على جهاز القياس (شكل ٣٥٥ – ٢).

تقاس القدرة المستفادة من المحرك عند سرعة الدوران الاسمية. وتعتبر هذه القدرة أقصى قدرة يمكن أن يعطيها المحرك، دون تخ الحدود المسموح بها للإجهادات الحرارية.

٩ – ٨ – ٢ الإعداد لقياس القدرة

- يجب اتباع تعليمات الشركة المنتجة للمركبة، والخاصة بقواعد اختبار القدرة على مناصب الاختبار ذات الدلافين.
- يزاد ضغط إطارات عجلتي الإدارة حتى قدر يتراوح بين 3,5 bar و 4 bar، لخفض تأثير الانثناء المرن لإطارات عجلتي الإدارة. ويجب خفض قيمة الضغط بعد الاختبار إلى القيم المحددة للضغط في الإطارات، ويجري هذا بعد ساعة تقريبا من انتهاء الاختبار، لإ فترة زمنية كافية كي تنخفض درجة الحرارة.
- يفحص مستوى الزيت في المحرك، ومنسوب ماء التبريد في المشع.
- توجه المركبة فوق منصب الاختبار، بحيث يقع محور الإدارة في منتصف الدلافين. أما في حالة فحص المركبات ذات الإدارة الأمامية: فيجب مراعاة أن تكون المركبة متعامدة مع الدلافين، وإلا تحركت هذه نحو الخارج أثناء إجراء الاختبار. وتستخدم دلافين مرشدة لتثبيت المركبة في وضعها أثناء الاختبار.
- توضع أحذية الإيقاف (أسافين لمنع تدحرج المركبة) في عكس اتجاه السير، أمام العجلات غير المقادة.
- توضع تجهيزة مص غازات العادم في أنبوب العادم، ويتم تشغيل أجهزة القياس الخاصة بذلك.
- توصل أجهزة اختبار المحرك، طبقا لتعليمات الشركة المنتجة (مقياس سرعة الدوران – جهاز اختبار الإشعال – مرسمة التذبذبات – جهاز اختبار غازات العادم – جهاز قياس معدل استهلاك الوقود).
- في حالة اختبار المحرك لفترة أطول من ثلاث دقائق، يجب استخدام مروحة تبريد، لا تقل قدرتها الفعلية عن 20 000 m³/h. وينبغي كشف غطاء محرك المركبة.
- يدخل خط توصيل جهاز التحكم عن بعد إلى داخل المركبة خلال أحد النوافذ الجانبية المفتوحة.
- يجب اتخاذ الاحتياطات الكافية لعدم اقتراب أي شخص – لا علاقة له بالعمل – من منصب الاختبار أثناء التشغيل. كذلك يجب مراعاة تعليمات السلامة ومنع الحوادث.

٩ – ٨ – ٣ خطوات الاختبار

- تشغل أجهزة منصب اختبار القدرة ذي الدلافين.
- يدار المحرك وتوجه المركبة بسرعة منخفضة، حيث تتأرجح قليلا عند سقوط العجلات بين الدلافين.
- يجب رفع درجة حرارة المحرك ومجموعة إدارة المحور وصندوق التروس، بتشغيلها لفترة فوق منصب الاختبار. ولا يكفي أن تكون درجة حرارة المحرك وحده مرتفعة، لأن انخفاض درجة حرارة مجموعة إدارة المحور وصندوق التروس يؤدي إلى فقد في القدرة يعادل حوالي 5% من القدرة الكلية.
- تزاد سرعة المركبة وتعشق مجموعة تروس تغيير السرعات، عند السرعة التي تنص عليها تعليمات الشركة المنتجة لإجراء الاختبار. وفي حالة عدم وجود أية تعليمات أخرى، تستخدم السرعة الثانية في صندوق التروس ذي الثلاث سرعات، والسرعة الثالثة في صندوق التروس ذي الأربع سرعات.
- يضغط على دعسة الوقود بالقدم، حتى آخر مداها، وتغير قدرة الكبح لمنصب اختبار القدرة، حتى يتم التوصل إلى السرعة الاسمية المحددة، وتثبت عند هذه القيمة.
- يمكن إجراء اختبارات أخرى، عند قيم محددة لكل من سرعات دوران المحرك وسرعات السير والقدرة عند العجلات، تبعا لنوع المركبة، وتعليمات الشركة المنتجة لها.

٩ - ٨ - ٤ تقييم نتائج اختبار القدرة

لا تساوي القدرة القصوى المقاسة للعجلات، القدرة القصوى المستفادة من المحرك، والتي تعطى من قبل الشركة المنتجة، نظرا لوجود فقد في القدرة عند سير المركبة (المحرك) على الطريق. وتصل نسبة الفقد الداخلي للقدرة في القابض وصندوق التروس والعمود الفصلي ومجموعة إدارة المحور وحامل العجلات مجتمعة، إلى حوالي 14% من القدرة الفعالة للمحرك.

وتسبب كل من مقاومة التدحرج والانثناء المرن للإطارات فقدا في القدرة تتراوح قيمته بين 7% و 25%، تبعا لنوع الإطار وطريقة تصنيعه، وكذلك تبعا لسرعة المركبة. ويجب الانتباه إلى أن قياس القدرة الفرملية للمحرك له قواعد قياسية تختلف من دولة إلى أخرى.

٩ - ٨ - ٥ معاملات التصحيح

هناك عوامل بيئية مختلفة، مثل كثافة الهواء وضغطه ودرجة حرارته، ونسبة الرطوبة الموجودة فيه. وتؤثر هذه العوامل على القدرة الفرملية للمحرك. لذلك يجب استخدام معاملات لتصحيح نتائج القياس.

وتنسب الشركات المنتجة للمركبات الآلية، القدرة القصوى المستفادة من المحرك، إلى درجة حرارة جوية قدرها °20 وضغط جوي قدره 1013 mbar؛ طبقا للمواصفات القياسية DIN 70020.

كثافة الهواء

كلما ارتفعت كثافة الهواء المسحوب في المحرك، ازدادت القدرة الناتجة. وتعتمد كثافة الهواء على درجة حرارته، وعلى ارتفاع مكان القياس عن مستوى سطح البحر، ويبلغ تغير الضغط مقدار 1 mbar لكل فرق ارتفاع قدره حوالي 8 m. أما قدرة المحرك فإنها تنخفض بمعدل 1% كلما زاد الارتفاع الذي تسير عنده المركبة بمقدار 100 m، عن الارتفاع السابق.

درجة حرارة الهواء: تكون كثافة الهواء الساخن أقل من كثافة الهواء البارد، ويعني هذا أن أي تسخين مسبق للهواء يؤدي إلى انخفاض قدرة المحرك.

رطوبة الهواء: تنخفض نسبة الأكسيجين في الهواء بارتفاع نسبة الرطوبة فيه. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى فقد إضافي في القدرة، في المناطق المدارية.

وطبقا للمواصفات القياسية DIN 70020، فإن نقص القدرة الناشئ عن ارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء، لا يؤخذ في الاعتبار، عند حساب معاملات التصحيح.

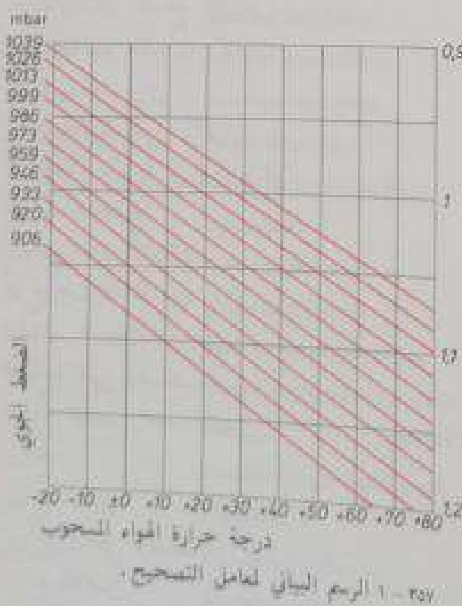
٩ - ٨ - ٦ معاملات تصحيح لدرجة حرارة الهواء وضغطه

الرمز	وحدة القياس
P_c = القدرة المصححة	kW
P_m = القدرة المقاسة	kW
COR = معامل التصحيح	
p = الضغط الجوي الفعلي	mbar
t = درجة الحرارة الفعلية للهواء	°C

$$P_c = P_m \cdot COR$$

$$COR = \frac{1013}{p} \cdot \sqrt{\frac{273 + t}{293}}$$

ويمكن استخراج قيمة معامل التصحيح (COR) بدقة كافية، من الرسم البياني لعامل التصحيح (شكل ٣٥٧ - ١).



٣٥٧ - ١ الرسم البياني لعامل التصحيح.

« أ »

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
إبرة الحمل الجزئي	Teillastnadel	partial load needle	١١٠
إبرة صمام	Düsennadel	valve needle	١١١
اتساع مدى الرؤية	Rundsicht	range of visibility	٢٠٢
إجهاد أولي	Vorspannung	initial tension	١٥
إجهاد (تحميل) شمعة الإشعال	Kerzenbeanspruchung	spark-plug stress	٢٩٨
احتراق المكربن	Vergaserbrand	fire in the carburetor	٩٨
احتراق الوقود	Verbrennung des Kraftstoffs	combustion of the fuel	١٠٣
احتكاك تلاصق	Haftreibung	static friction	١٦٥
احتكاك جاف	trockene Reibung	dry friction	٣٤
احتكاك مائع	flüssige Reibung	fluid friction	٣٤
احتكاك مختلط	Mischreibung	mixed friction	٣٤
احتكاك نصف جاف	halbtrockene Reibung	semidry friction	٣٤
إحكام (زنق) التثبيت بسلك	Drahtsicherung	wire locking	١٦
إحكام زنق (تأمين) المسامير الملولبة	Schraubensicherung	screw retention (locking)	١٦
إحكام زنق (تأمين) مسمار (بنز) الكباس	Sicherung des Kolbenbolzens	locking of the piston pin	٨٦
اختبار الرنين	Klangprobe	resonance test	٥٢
اختبار الزوايا	Prüfen von Winkeln	checking of angles	٥٩
اختلال المحورية (التمركز)	Schlag	running out	٩٢
إدارة بالتروس (المسننات)	Zahnradantrieb	gear drive	٩٥
إدارة بالعجلات الأمامية (جر أمامي)	Vorderradantrieb	front-wheel drive	١٨٨
إدارة بالسلاسل	Kettenantrieb	chain drive	٩٦
إدارة بالسيور	Bandtrieb	belt drive	٣٧
إدارة بالمرفق الدافع (المنزلق)	Schubkurbeltrieb	drive with slider crank mechanism	٣٩
إدارة بعمود حدبات (كامات)	Nockenwellenantrieb	camshaft drive	٣٧
إدارة بعمود مرفق	Kurbeltrieb	crankshaft drive	١١
إدارة خلفية (من المؤخرة)	Heckantrieb	rear-wheel drive	١١
إدارة لا تمركزية (إكسنتريك)	Exzentertrieb	eccentric drive	٤٠
أدوات التجليخ	Schleifwerkzeuge	grinding tools	٤٩
أدوات لحام السبائك	Lötgeräte	soldering equipment	٣٥
أذرع مجموعة التوجيه	Lenkgestänge	steering rods	٢٣٦
ارتعاش العجلات	Flattern der Räder	flutter of wheels	٢٣٥
ارتفاع المص (السحب)	Saughöhe	suction height (head)	١٠٣
ارتفاع ضبط رافعة القابض	Hebeleinstellhöhe von Kupplung	adjusting height of clutch lever	١٦٦
إزواج	Passung	fit	٥٣
إزواج انتقالي	Übergangspassung	transition fit	٥٤
إزواج تداخلي (ضغط)	Preßpassung	interference fit	٥٤
إزواج تلاصق	Haftsitz	tight fit	٣١
إزواج خلوصي	Spielpassung	clearance fit	٥٣
أسطوانة العجلة	Radzylinder	wheel cylinder	٢٥٢
أسطوانة الفرملة	Bremszylinder	brake cylinder	٢٦١
أسطوانة الفرملة الهيدرولية للعجلة	hydraulischer Radbremszylinder	hydraulic brake cylinder of wheel	٢٤٣
أسطوانة ذات غشاء	Membranzylinder	membrane cylinder	٢٦١

	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
أسطوانة رئيسية	Hauptzylinder	master cylinder	٢٤٩
أسطوانة فرملة محملة بنابض	Federspeicher-Bremszylinder	spring-loaded brake cylinder	٢٥٦
أسطوانة نفخ الإطارات	Reifenfüllflasche	tire-inflator cylinder	٢٥٧
إشعال ببطارية	Batteriezündung	battery ignition	٢٥٩
إشعال بثايرستور	Thyristor-Zündung	Thyristor-ignition	١٦٢
إشعال بمغنيط	Magnetzündung	magnetic ignition	٢٩٦
إشعال خارجي	Fremdzündung	external ignition	٦٢
إشعال ذاتي	Selbstentzündung	self ignition	١٣٨
إشعال مبكر	Frühzündung	early ignition	٦٨
إشعال متأخر	Spätzündung	late ignition	٦٨
أصبع غماز الصمام	Ventilstößel	valve rocker	٩٣
أصبع (بنز) مخروطي	Kegelstift	taper pin	٣٠
إضاءة لوحة رقم المركبة	Kennzeichenbeleuchtung	identification plate light	٣٠٤
إطارات (تجهيز بإطارات)	Bereifung	tire setting	٢٢٧
إطار أنبوبي مركزي	Zentralrohrrahmen	central tube frame	١٩٦
إطار حزامي	Gürtelreifen	radial (ply or braced-tread) tire	٢٣١
إطار صندوق مركزي	Zentralkastenrahmen	central cabinet frame	١٩٦
إطار قطري	Diagonalreifen	diagonal (conventional) tire	٢٣١
إطار من شبكة مواسير	Gitterrohrrahmen	tube grate frame	١٩٨
إعاقة التمدد	Dehnungshemmung	lagging (impeding) of expansion	٨٣
إعاقة الرؤية	Sichtbehinderung	sight hindrance	٢٠٣
اعوجاج (تشويه) حراري	Wärmeverwerfung	thermal warping	١٦٥
اغناء الخليط	Überfettung des Gemisches	enriching (superfattening) of the mixture	١٠٦
إغناء (الخليط) أثناء التشغيل الساخن	Warmlaufanreicherung	warm-running enrichment	١٢٤
إغناء (الخليط) عند التعجيل	Beschleunigungsanreicherung	acceleration enrichment	١٢٥
إغناء (الخليط) لبدء التشغيل البارد	Kaltstart-Anreicherung	cold-start enrichment	١٢٤
إغناء (الخليط) لحالة الحمل الكامل	Vollastanreicherung	full load enrichment	١٢٤
أقصى تقاصر	Höchstverzögerung	maximum retardation	٢٤١
أقصى قدرة	Höchstleistung	maximum power	١٠٨
البعد (المقاس) الأكبر	Größtmaß	maximum size (upper limit)	٥٣
آلة بخارية	Dampfmaschine	steam engine	٧
آلة توقيت الحقن الأوتوماتي	automatischer Spritzversteller	automatic injection timer	١٥٤
التحكم في الشحنة (الغاز)	Gassteuerung	charge (gas) control	١٤٣
التحكم في المحرك ثنائي الشوط	Steuerung des Zweitaktmotors	control in two-stroke engine	١٤٣
التحكم في كمية الوقود المحقون	Steuerung der Einspritzmenge	control of injected fuel quantity	١٢٣
الزاوية الميلي (كاستر)	Nachlauf	caster	٢٢٢
التصاق مع الأرض (سطح طريق)	Bodenhaftung	road traction, ground adhesion	٢٢٣
التهاب (اشتعال)	Entflammung	inflammation	٣٠١
السير في اتجاه مستقيم	Geradeausfahrt	driving straight forward	١٩٣
السير في منعطف	Kurvenfahrt	driving around a curve	١٠١
العضو الدوار	Rotor	rotor	٢٦٩
العضو الساكن	Stator	stator	٢٦٩
الفرملة الدائمة	Dauerbremse	retarder (permanent) brake	٢٤١
القوة المؤثرة على النابض	Federkraft	spring force	٣٠٩
القو	Kräfte am Kurbelt	forces acting on crank gear	٧٧

٢٩٩	front electrode	Stirnelektrode	إلكترود أمامي (جبهي)
٢٩٩	ring-twin side electrode	Ringseitenelektrode	إلكترود حلقي جانبي مزدوج
٢٣٤	king pin	Achsschenkelbolzen	المسمار الرئيسي (محور دوران العجلة)
٥٣	ISO-fit system	ISO-Passungssystem	النظام الدولي للإزواج
٢٦٤	brake shut-off position	Bremsabschlußstellung	الوضع النهائي للكبح
٢٣٤	geometry of front axle	Vorderachsgeometrie	الوضع الهندسي للمحور الأمامي
١٠	driving safety	Fahrsicherheit	أمان القيادة
١٩٨	accident proof, -safety	Unfallsicherheit	أمان ضد الحوادث
١١١	return fuel pipe	Kraftstoffrückflußrohr	أنبوب إرجاع الوقود
٧٠	branched resonator	Abzweigresonator	أنبوب متفرع رنان
٦٤	suction (inlet) manifold	Ansaugrohr	أنبوب مص (سحب)
١٨٣	flow of force	Kraftfluß	انتقال (سريان) القوة
٣٧	slip	Schlupf	انزلاق (تفويت)
٣٧	belt slip	Riemenschlupf	انزلاق السير
٣٠٧	casing (shell) construction	Hüllbauweise	إنشاء بالتغليف
٧٢	loop	Schleife	أنشوطة
٢١٦	springing (stroke)	Einfedern	انضغاط النابض
١١٧	plunger lug	Kolbenfahne	أنف (بروز) الكباس
٢١٤	pitching vibrations	Nickschwingungen	اهتزازات الترجح
١٨٤	positions of gear lever	Wählhebelstellungen	أوضاع ذراع الاختيار (مبدل السرعة)

« ب »

٢٩١	starter	Anlasser	بادىء التشغيل (سلف)
٢٩٢	rocker starter	Pendelanlasser	بادىء تشغيل بندولي
١٠٥	automatic starter	Startautomatik	بادىء تشغيل تلقائي
٢٩٢	worm-drive starter	Schraubtrieb-Starter	بادىء تشغيل ذو ترس حلزوني (دودي)
٢٩٢	sliding gear starter	Schubtrieb-Starter	بادىء تشغيل ذو ترس منزلق
٢٩٢	sliding armature starter	Schubanker-Starter	بادىء تشغيل ذو عضو إنتاج منزلق
١١٩	aneroid barometer	Dosenbarometer	بارومتر معدني
٢٧٩	emitter	Emitter	باعث
٩٩	fractionating (bubble) tower	Fraktionierturm	برج التجزئة
١٧	rivet	Niet	برشام
١٧	sheet metal rivet	Blechniet	برشام ألواح
١٠٧	regulating screw	Regulierschraube	برغي الضبط (المعايرة)
١٠٧	stop screw	Anschlagschraube	برغي صد
١٠٧	adjusting screw of the circulating air	Umluft-Regulierschraube	برغي ضبط (معايرة) الهواء الدوّار
١٠٧	no-load regulating screw	Leerlaufgemisch-Regulierschraube	برغي ضبط (معايرة) خليط اللاحمل
١٤	antifatigue bolt	Dehnschraube	برغي مقاوم للكلال
٢٨٨	buffer (boosting) battery	Pufferbatterie	بطارية تعزيز (موازنة)
٢٨٣	lead battery	Bleibatterie	بطارية رصاصية
٢٨٥	alkaline battery	alkalische Batterie	بطارية قلوية
٧٢	indicator diagram	Indikatordiagramm	بطاقة بيانية
٩٢	friction lining	Reibbelag	بطانة احتكاك

	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
بطانة الأسطوانة	Laufbuchse	cylinder liner	٧٨
بطانة الفرملة	Bremsbelag	brake lining	٢٤٤
بطانة القابض	Kupplungsbelag	clutch lining	١٦٥
بطانة جافة	trockene Laufbuchse	dry liner	٧٨
بطانة مبللة (معرضة لماء التبريد)	nasse Laufbuchse	wet liner	٧٨
بكرة إدارة بسير حرف V	Antriebskeilriemenscheibe	V-belt driving pulley	١٨٦
بكرة شد	Spannrolle	tension (jockey) roller	٣٧
بلى (تآكل أو بري)	Verschleiß	wear	٥٦
بوق كهربائي	Elektrohupe	electric horn (siren)	٣٠٥
« ت »			
تأثير معاوق	Sperrwirkung	blocking action	١٩٤
تأخر الإشعال	Zündverzug	ignition lag	١٤٦
تبريد بالزيت	Ölkühlung	oil cooling	١٣٩
تبريد بالماء	Wasserkühlung	water cooling	١٢٩
تبريد بالمثعب (السيفون) الحراري	Thermosyphonkühlung	thermosyphon cooling	١٢٩
تبريد بالهواء المتدفق أثناء السير	Fahrtwindkühlung	relative wind cooling	١٢٩
تبريد بهواء المروحة	Gebläseluftkühlung	fan cooling	١٢٩
تبريد جبري	Pumpenumlaufkühlung	pumped circulation cooling	١٢٩
تجليخ شحذ	Scharfschleifen	sharpening (sharp grinding)	٥١
تجهيزة (جهاز) إشارة	Signalanlage	signalling system	٣٠٤
تجهيزة العوامة	Schwimmereinrichtung	float arrangement	١٠٤
تجهيزة بدء التشغيل	Startvorrichtung	starting equipment	١٠٥
تجهيزة حالة اللاحمل	Leerlaufeinrichtung	no-load equipment	١٠٧
تجهيزة حقن الوقود الإضافي	Mehrmengen-Einrichtung	supplementary feed equipment	١٣١
تجهيزة شد	Spannvorrichtung	tension device	٣٨
تحميل عمود المرفق	Lagerung der Kurbelwelle	bearing of crankshaft	٩٠
تدفق (سريان) الخليط	Gemischdurchsatz	mixture flow	١٠٧
تذرية	Zerstäubung	atomization	١٠٣
تراكب الصمامات	Ventilüberschneidung	valve overlap	٦٩
ترتيب الأسطوانات	Anordnung der Zylinder	cylinder order (arrangement)	٧٦
تردد طبيعي	Eigenschwingung	natural oscillation	٩١
ترس حلقي (ذو تسنين داخلي)	Hohlrad	annular (internal) gear	١٨٠
ترس شمسي	Sonnenrad	sun gear	١٨٠
ترس صغير (بنيون)	Zahnritzel	pinion (gear)	٥٩
ترس قائد	Leitrad	driving gear	٣٧
ترس مخروطي	Tellerrad	bevel gear	١٩٢
ترس مخروطي ذو أسنان حلزونية	spiralverzahntes Kegelrad	spiral toothed bevel gear	١٩١
ترس مخروطي ذو أسنان مستقيمة	geradverzahntes Kegelrad	straight-toothed bevel gear	١٩١
ترس منزلق	Schieberad	sliding gear	٢١
ترشيح	Filtern	filtration	١٢٦
ترقيم الأسطوانات	Zylinderbezeichnung	marking of the cylinders	٧٦

١٩٦	understructure	Bodengruppe	تركيبة أرضية (الجسم السفلي)
٩٤	valve rotating device	Ventildrehvorrichtung	تركيبة (تجهيزة) تدوير الصمام
١٣٤	engine lubrication	Motorschmierung	تزييت المحرك
٢٥٧	splash lubrication	Tauchschmierung	تزييت بالرشاش (بالطرطشة)
١٣٧	petroil lubrication	Mischungsschmierung	تزييت بخليط (وقود وزيت)
١٣٦	circulating forced lubrication	Druckumlaufschmierung	تزييت جبري (بدورة الضغط)
١٣٧	dry sump lubrication	Trockensumpfschmierung	تزييت جبري من الحوض الجاف
٣٨	involute toothing	Evolventenverzahnung	تسنين إنفولوتي
١٩٢	Gleason toothing	Gleasonverzahnung	تسنين جليسون
٣٨	spiral (helical) toothing	Schrägverzahnung	تسنين حلزوني
٣٨	straight toothing	gerade Verzahnung	تسنين عدل
١٧٣	pneumatic operating of clutch	Druckluft-Kupplungsbetätigung	تشغيل القابض بالهواء المضغوط
١٧٣	servo operating of clutch	Servo-Kupplungsbetätigung	تشغيل مؤازر للقابض
١٧٢	hydraulic operating of clutch	hydraulische Kupplungsbetätigung	تشغيل هيدرولي للقابض
٢٢٥	hardening and tempering	Vergütung	تصليد وتطبيع
٣٦	grain coarsening	Kornvergröberung	تضخم (كبر حجم) الحبيبات
١٧٩	self amplification	Selbstverstärkung	تضخيم ذاتي
١٨٧	overdrive	Schongang	تعشيق السرعة الزائدة
١٧٧	reverse gear	Rückwärtsgang	تعشيق السير للخلف
٤١	Norton gear box	Nortongetriebe	تعشيقة تروس نورتن
١٦٠	synchronized gearing	Synchronisierverzahnung	تعشيقة متزامنة
٢٢	spline gear	Kerbverzahnung	تعشيقة (مسننات) محززة
٢٢	Hirth gear	Hirth-Verzahnung	تعشيقة (مسننات) هيرث
٢٢٠	wheel suspension	Radaufhängung	تعليق العجلات
١٠١	motor suspension	Motoraufhängung	تعليق المحرك
٢٠٨	suspension with springs	Federung	تعليق بالنوابض
٢٠٩	suspension with pneumatic springs	Luftfederung	تعليق بالنوابض الهوائية
٢٠٩	hydrolastic-springing	Hydrolastik-Federung	تعليق بالنوابض الهيدرولية المرنة
٢٠٩	suspension with steel springs	Stahlfederung	تعليق بنوابض فولاذية
٢٢٠	individual suspension of wheels	Einzelradaufhängung	تعليق مستقل للعجلات
٢٢١	wheel load change	Radlaständerung	تغير تحميل العجلات
٢٢٢	camber change	Sturzänderung	تغير ميل العجلات الأمامية (الكامبر)
٢٨٤	self-discharging of the battery	Selbstentladung der Batterie	تفريغ ذاتي للبطارية
٢٣٤	toe-in	Vorspur	تقارب العجلات الأمامية
٩٩	vacuum destillation	Vakuumdestillation	تقطير تحت التفريغ
١٦٣	piston syncline	Kolbenmulde	تقعّر جانب الكباس
١٢٠	dosing of feed quantity	Fördermengendosierung	تقنين كمية التغذية
٣١٠	air conditioning	Klima-Anlage	تكييف هواء
٢١٢	air quantity regulation (control)	Luftmengenregelung	تنظيم الهواء
١٢٠	load-depending regulation	lastabhängige Regulierung	تنظيم تبعا للتحميل
٧١	detoxication of exhaust gases	Abgasentgiftung	تنقية غازات العادم (من السموم)
٨١	venting (ventilation)	Entlüftung	تهوية (طرد الهواء)
١١٢	outer (external) ventilation	Außenbelüftung	تهوية خارجية
٢٣٤	fifth-wheel steering	Drehschemellenkung	توجيه بالبوجي الدوّار
٢٣٨	spindle steering	Spindellenkung	توجيه بعمود (ملولب) دوّار

٢٣٨	recirculating ball steering	Kugelumlauflenkung	توجيه بلولب الكريات
٢٣٤	axle-pivot steering	Achsschenkellenkung	توجيه بمحور مفصلي
٢٢٥	oversteering	Übersteuerung	توجيه زائد
٢٣٩	hydraulic steering	hydraulische Lenkung	توجيه هيدرولي
١٠٢	pipe connections	Rohranschlüsse	توصيلات أنابيب
٢٩٦	ignition timing	Zündzeitpunkt	توقيت الإشعال
٩٣	engine timing	Motorsteuerung	توقيت المحرك
٤٩	glowing (burning up)	Verglühen	توهج (احتراق)
٢٨٤	charging current	Ladestrom	تيار الشحن
٢٧٨	backward (inverse) current	Sperrstrom	تيار منع عكسي

« ث »

١١٨	thermostat	Thermostat	ثرموستات (منظم حراري)
٣٠٠	electrode gap	Elektrodenabstand	ثغرة بين الأقطاب (الإلكترودات)
٢٦٦	chocking gap	Drosselspalt	ثغرة خنق
٢٩٧	safety spark gap	Sicherheits-Funkenstrecke	ثغرة شرر واقية (ثغرة أمان)
٥٩	ignition contact breaker gap	Zündkontaktabstand	ثغرة (خلوص) ملامسات الإشعال
٥٨	piston pin bore	Kolbenbolzenbohrung	ثقب أصبع (بنز) الكباس
٨٩	calibrated hole	kalibrierte Bohrung	ثقب معاير
٧٣	balancing weight	Ausgleichsmasse	ثقل موازنة

« ج »

١٦١	drive-side	Abtriebseite	جانب التشغيل
٩٧	flame front	Flammenfront	جبهة اللهب
١٩٦	car body	Karosserie	جسم المركبة
١٥٥	nozzle (jet) body	Düsenkörper	جسم المنفث
٧١	air filter body	Luftfiltergehäuse	جسم مرشح الهواء
٩٥	valve cotter	Ventilkegelstück	حلة الصمام المخروطية
٦٠	tester of battery cells	Batteriezellenprüfer	جهاز اختبار خلايا البطارية (المركم)
١٥٦	injection nozzle tester	Einspritzdüsenprüfgerät	جهاز اختبار منافث الحقن
٢١٤	antifreezing equipment	Frostschutzvorrichtung	جهاز الوقاية من الصقيع
٣٠٥	warning flasher device	Warnblinkanlage	جهاز تحذير ومَّاض
١٩٩	controlling device	Kontrolleinrichtung	جهاز تحكم
٣٠٠	preliminary heater	Vorglühanlage	جهاز توهج ابتدائي
٤٦	rotational speed calculator	Drehzahlrechner	جهاز حساب سرعة الدوران
٤٧	calculator of rotational speed and feed	Drehzahl-Vorschub-Rechner	جهاز حساب سرعة الدوران والتغذية
٣٠٣	head lamp adjusting equipment	Scheinwerfer-Einstellgerät	جهاز ضبط المصابيح (الأمامية)
٦٠	tachometer (speedometer)	Geschwindigkeitsmesser	جهاز قياس السرعة
٢٣٦	wheel alignment indicator	Achsmeßgerät (optisch)	جهاز قياس المحور
٥٩	compression tester	Kompressionsdruckprüfer	جهاز قياس (اختبار) ضغط الانضغاط

English	German	Arabic
spraying equipment	Sprühanlage	جهاز مرذذ
ignition voltage	Zündspannung	جهد الإشعال
ignition impulsive voltage	Zündspannungsstoß	جهد الإشعال النبضي
breakdown voltage	Durchbruchspannung	جهد الانهيار
self induction voltage	Selbstinduktionsspannung	جهد الحث الذاتي
cell voltage	Zellenspannung	جهد الخلية
charging voltage	Ladespannung	جهد الشحن
zener voltage (potential)	Zenerspannung	جهد زينر

« ح »

English	German	Arabic
regulator armature (tongue)	Regleranker	حافظة المنظم
bead of tire	Reifenwulst	حافة الإطار
injector	Injektor	حاقن
planet gear holder	Planetenradträger	حامل الترس الكوكبي
brush holder	Bürstenhalter	حامل (ماسك) الفرش
jet (nozzle) holder	Düsenhalter	حامل المنفث
mixing pipe holder	Mischrohrträger	حامل أنبوب الخلط
long-stand holder	Giraffenhalshalter	حامل (ماسك) ذو رقبة (كرقبة الزرافة)
regulation cam	Regelnocken	حدبة تنظيم
space (three dimensional) cam	Raumnocken	حدبة مجسمة
chilled cast iron	Schalenhartguß	حديد زهر مصبوب مصلد بالتبريد
pole shoe	Polschuh	حذاء القطب
brake shoe	Bremsbacke	حذاء (لقمة) المكبح
sliding shoe	Gleitschuh	حذاء (لقمة) انزلاق
combustion heat	Verbrennungswärme	حرارة الاحتراق
heat feeler	Warmlaufgeber	حساس الحرارة
pressure feeler	Druckfühler	حساس الضغط
cylinder head gasket	Zylinderkopfdichtung	حشية رأس الأسطوانات
benzine injection	Benzineinspritzung	حقن البنزين
benzine injection by electronic control	elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung	حقن البنزين بالتحكم الإلكتروني
direct injection	direkte Einspritzung	حقن مباشر
mechanical injection of benzine	mechanische Benzineinspritzung	حقن ميكانيكي للبنزين
compression ring	Verdichtungsring	حلقة (شنبر) إحكام الانضغاط
iol slotted ring	Ölschlitzring	حلقة ذات شق للزيت
overload protection	Überlastungsschutz	حماية (تأمين) ضد الحمل الزائد
combustion chamber	Brennraum	حيز (غرفة) الاحتراق
compression-space volume (clearance)	Verdichtungsraum	حيز الخلوص (حيز الانضغاط)

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
(خ)			
خابور شد	Zichkeil	draw (slide) key	٢٤٣
خابور متوازي	Paßfeder	feather key	٢١
خافض صوت	Schalldämpfer	silencer	٦٩
خافض صوت امتصاصي	Absorptionsschalldämpfer	absorption silencer	٧٠
خافض صوت انعكاسي	Reflexionsschalldämpfer	reflection silencer	٧٠
خراطيم الإقران	Kupplungsschläuche	coupling hoses	٢٦١
خرطوشة (وليجة)	Patrone	cartridge	١٣٧
خرطوشة (وليجة) ورقية نجمية الشكل	Papierstern-Patrone	starformed paper cartridge	١٣٧
خرطوم الفرامل	Bremsschlauch	brake hose	٢٥٤
خريطة تمديد الكبلات	Kabelverlegungsplan	layout of cables	٣٠٧
خزان هواء	Luftbehälter	air tank	٢٥٥
خطة مسار التيار (مخطط بيان التوصيلات الكهربائية)	Stromlaufplan	wiring diagram	٣٠٥
خلل (عطل)	Störung	defect	١٥٦
خلوص أرضي	Bodenfreiheit	ground (floor) clearance	٢١٢
خلوص التركيب	Einbauspiel	assembly clearance	٨٣
خلوص (ثغرة) التلامس	Kontaktabstand	contact gap	٢٩٦
خلوص الدوران	Laufspiel	rotation clearance	٣٦
خلوص الصمام	Ventilspiel	valve clearance	٩٧
خلوص القابض	Kupplungsspiel	clutch clearance	١٧٢
خلوص المحمل	Lagerspiel	bearing clearance	٢٣٤
خلوص جانبي	Flankenspiel	flank clearance	١٩٣
خليط الهواء والوقود	Kraftstoff-Luft-Gemisch	air-fuel mixture	٦٩
خمد الضوضاء	Geräuschdämpfung	noise damping (silencing)	٧٩
خمد (خفض) ضوضاء السحب (المص)	Ansauggeräuschdämpfung	damping of suction noise	١٣٧
خواص الترليق	Gleiteigenschaften	gliding properties	٨٤
خواص الدوران الاضطراري	Notlaufeigenschaften	emergency running properties	٨٨
(د)			
دائرة قصر	Kurzschluß	short circuit	١٣٣
دائرة المحور الخلفي	Hinterachskreis	rear axle circuit	٢٦٠
دارة الفرملة	Bremstrommel	brake drum	٤٣
دايود اتصال (سطحي)	Flächendiode	junction diode	٢٧٨
دايود زينر	Zenerdiode	Zener diode	٢٧٨
دايود ضوئي	Fotodiode	photo diode	٣٠٣
دثار مائي	Wassermantel	water jacket	٧٩
درجة حرارة التشغيل	Betriebstemperatur	working temperature	٨٢
درجة حرارة التهلم	Gelierpunkt	gel point	٢٠٦
درجة حرارة التوهج	Glühtemperatur	glowing temperature	٢٩٩
درع حراري	Hitzeschild	heat shield	١٦٠
دعسة الوقود	Fahrpedal	gas pedal	١٠٥
دليل الصمام	Ventilführung	valve guide	٩٥
	Wirbelung	turbulence	٣٠٠

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
دواة قرصية	Tellersockel	disc socket	٢٠٢
دوران لاتمركزي	Exzenterdrehung	eccentric rotation	١٢١
دورة (نظام) الإشعال	Zündanlage	ignition system	١١
دورة التزليق	Schmiersystem	lubrication system	١٣١
دورة الفرملة	Bremskreis	brake circuit	٢٤٩
دورة الوقود	Krafistoffsystem	fuel system	١٣٢
دورة عمود المرفق	Kurbelwellenumdrehung	crankshaft revolution	٦٣

« ذ »

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
ذراع (عمود) التوجيه	Lenksäule	steering column	٢٣٩
ذراع التوجيه الهابطة	Lenkstockhebel	drop arm	٢٣١
ذراع بان هارد	Querlenker	Panhard rod	٢٣٤
ذراع تعشيق	Panhardstab	meshing arm (lever)	٢٩٢
ذراع توجيه أمامي	Einspurhebel	front steering arm	١٩٧
ذراع توجيه عرضي مزدوج	Frontlenker	double transverse link	٢٢٢
ذراع توجيه مستعرض	Doppelquerlenker	transverse arm (link)	٢١٠
ذراع توصيل قامط	Klemmpleuel	clamping connection rod	٨٨

« ر »

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
راتنج اصطناعي	Kunstharz	synthetic resin plastic	١٦٧
رأس أسطوانات مصنوع من معدن خفيف	Leichtmetall-Zylinderkopf	light-metal cylinder head	٧٩
رأس إقران أوتومائية لمركبة قاطرة	automatischer Motorwagen-Kupplungskopf	automatic motor-vehicle coupling head	٢٦٢
رأس القطب	Polkopf	pole head (terminal)	٢٨٢
رافدة مستعرضة (عارضة)	Querträger	cross beam (transverse beam)	١٩٦
رافعة فصل (إعتاق)	Ausrückhebel	release lever	١٦٨
رافعة انفراج	Spreizhebel	expanding bar (lever)	٢٤٣
رافعة تغيير السرعة	Drehzahlverstellhebel	speed change lever	٤٦
رافعة توازن	Waagebalken	beam of balancing	٢٦٧
رافعة متأرجحة	Schwinghebel	rocking lever	٩٧
رافعة تنظيم متأرجحة	Regelschwinge	regulating swivelling arm	١٢٠
رقم الأوكتين	Oktanzahl	octane number	٦٦
رقم السيتين	Cetanzahl	cetane number	١٠٠
رمز طوق العجلة	Felgenbezeichnung	designation of rim	٢٣٠
ريشة (التوربينة)	Schaufel	blade	١٧٥

« ز »

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
زاوية الإسفين	Keilwinkel	wedge angle	٤٥
زاوية التراوح الميلي	Nachlaufwinkel	caster angle	٢٣٥
زاوية التلامس	Umschlingungswinkel	looping angle	٣٧
زاوية الجرف	Spanwinkel	rake angle	٤٥
زاوية الخلوص	Freiwinkel	clearance angle	٤٥
زاوية السكون	Schließwinkel	dwell angle	[illegible]
زاوية الفتح			

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
زاوية المقعد	Sitzwinkel	seat angle	٩٤
زاوية مرفقية	Kurbelwinkel	crank angle	٦٢
زاوية ميل العجلات الأمامية	Sturzwinkel	camber angle	٢٣٥
زاوية ميل المسمار الرئيسي لمحور دوران العجلات	Spreizung	king pin inclination angle	٢٣٥
زجاج أمان	Sicherheitsglas	safety glass	٢٠٢
زجاج أمان رقائقي	Verbundsicherheitsglas	laminated safety glass	٢٠٣
زعنفة تبريد	Kühlrippe	cooling fin	١٢٩
زمن غلق الصمام	Ventilschließzeit	valve-closing duration	٩٧
زمن فتح الصمام	Ventilöffnungszeit	valve-opening duration	٩٧
زيت الخدمة الشاقة (HD)	HD-Öl	heavy duty (= HD) oil	١٣٥
زيت تزليق	Schmieröl	lubricating oil	١٣٥
زيت صناديق التروس	Getriebeöl	gear box oil	١٣٥
زيت متعدد الدرجات	Mehrbereichsöl	multigrade oil	١٣٥
زيت هيبويد	Hypoid-Öl	hypoid oil	١٩٤

« س »

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
سائل فرامل	Bremsflüssigkeit	brake fluid	٢٤٨
ساق (عمود) الصمام	Ventilspindel	valve stem	٢٥٦
ساند جسم دعسة الفرملة	Bremspedalbock	brake pedal support	٢٦٥
سباكة بالطرد المركزي	Schleudergußverfahren	centrifugal casting	٧٧
سدادة تصريف (طبة تفريغ الزيت)	Ölablaßschraube	oil-drain plug	١٣
سرج الفرملة	Bremssattel	brake saddle	٢٤٦
سرعة الدوران	Drehzahl	rotational speed	٤
سرعة تفوق سرعة الصوت	Überschallgeschwindigkeit	supersonic velocity	٦٩
سريان بالحمل الحراري	Wärmeumlauf	heat convection flow	١٢٩
سطح الإزواج المخروطي	kegelige Paßfläche	tapered fitting surface (chamfer)	٩٣
سطح الانزلاق بالحدبة	Nockengleitbahn	sliding surface of the cam	٩٥
سطح تشغيل الأسطوانة	Zylinderlauffläche	cylinder working surface	٧٧
سطح تماس الإطارات	Reifenlauffläche	tire contact area	٢١٩
سنبك ثقب	Durchtreiber	punch	١٩
سندان	Amboß	anvil	٢٧
سيارات الأغراض الخاصة	Arbeitskraftfahrzeuge	special-purpose vehicles	١٠
سيارة نقل صغيرة	Transporter	transporter	١٩٧
سير بالجر (بالتدحرج)	Schiebebetrieb	traction (pull drive)	١٢٤
سير ذو مقطع بشكل حرف ٧ مخروطي	Keilriemen	V-belt	٣٧
سير مسطح	Flachriemen	flat belt	٣٧

« ش »

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
شاحن توربيني يعمل بغازات العادم	Abgasturbolader	turbo super-charger driven by exhaust gases	٦٤
شبكة ألواح	Plattengitter	plate lattice	٢٨٤

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
شحن سريع	Schnelladung	rapid charging	٢٨٤
شحنة موجبة	positive Ladung	positive charge	٢٧٧
شد النابض	Federspannung	spring tension	١٥٤
شريط (قضيب) توصيل	Verbindungsschiene	connecting band (rail)	٢٨٣
شريط شد من الفولاذ	Stahlspannband	steel tie band	١٠١
شريط فرملة	Bremsband	brake band	١٨٢
شعبة (شوكة) العجلة الأمامية	Vorderradgabel	front wheel fork	٢١١
شفة (تاج) الحريق	Feuersteg	piston top land	٨٢
شفة تسخين لبدء التشغيل	Startheizflansch	starting heat-flange	٣٠١
شفة قارنة	Kuppelflansch	coupling flange	١٥٤
شكل (مظهر) الكسر	Bruchaussehen	fracture appearance	٢٠٣
شكل درزة اللحام	Nahtform	welded-joint (bead) form	٣٠
شمعة توهج	Glühkerze	glow plug	٣٠١
شوائب (رواسب)	Verunreinigungen	impurities	١٠٠
شوط الانضغاط	Verdichtungstakt	compression stroke	٦٤
شوط التغذية	Förderhub	feed stroke	١٢١
شوط السحب	Ansaugtakt	suction stroke	٦٣
شوط الشغل	Arbeitstakt	working (power) stroke	٦٧
شوط حر (بلا حمل)	Leerhub	no-load stroke	٢٧٠
شوط خروج العادم	Auspufftakt	exhaust stroke	٦٩
شوط عاطل (غير فعال)	Leerweg	idle stroke	١٧٢
شوط متوسط	Zwischenhub	intermediate (in-between) stroke	١٤٩
شياق تمركز	Zentrierdorn	centering mandrel	٤٣
شياق خراطة	Drehdorn	turning mandrel	٤٤
شياق محدد	Profildorn	profile mandrel	١٧١

« ص »

صدمة الطريق	Fahrbahnstoß	road shock	٢٣٨
صرة العجلة	Radnabe	wheel hub	٢٢٨
صرة ذات شفة	Flanschnabe	flange hub	٢٢٨
صرة مسمار الكباس	Bolzenauge	pin hub	٨٣
صمام إعتاق	Löseventil	release valve	٢٦٦
صمام الإيقاف (القطع)	Abschaltventil	stop valve	١٠٨
صمام الدخول	Einlaßventil	inlet valve	٦٣
صمام الضغط الزائد	Überdruckventil	excess pressure valve	١٣١
صمام الضغط المنخفض	Unterdruckventil	low pressure valve	١١٢
صمام العادم (الخروج)	Auslaßventil	exhaust valve	٦٣
صمام العوامة (الإبري)	Schwimmernadelventil	float needle valve	١٠٤
صمام الغازات المتسربة	Leckgasventil	leaking gas valve	١٦١
صمام الفائض	Überströmventil	overflow (relief) valve	١٤٩
صمام الفرملة اليدوية	Handbremsventil	hand-brake valve	٢٦٠
صمام اللاحمل	Leerlastventil	no-load valve	٢٦٦

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٣٣	cold-start valve	Kaltstartventil	صمام بدء التشغيل على البارد
٧١	regulation valve	Abregelventil	صمام تحكم (تنظيم)
٣٦٢	trailer-control-load distribution valve	Anhänger-Steuer- und Lastregelventil	صمام تحكم وتنظيم تحميل المقطورة
١٣٧	by-pass valve	Umgehungsventil	صمام تحويل
٢٩	pressure reducing valve	Druckminderventil	صمام تخفيض الضغط
٢٠٥	expansion valve	Expansionsventil	صمام تمدد
١١٦	injection valve	Einspritzventil	صمام حقن
١٠٥	flutter valve	Flatterventil	صمام خفاق (ترددي)
١٨٢	throttle valve	Drosselventil	صمام خنق
١٠٥	starting throttle valve	Starterklappe	صمام خنق لبدء التشغيل
٢٥٩	brake-pedal valve	Trittplatten-Bremsventil	صمام دعسة الفرملة
٢٦٠	two-circuit footboard valve	Zweikreis-Trittplattenventil	صمام دعسة الفرملة ثنائي الدائرة
٩٣	down (bottom) controlled valve	untengesteuertes Ventil	صمام ذو تحكم سفلي
٩٣	top controlled valve	obengesteuertes Ventil	صمام ذو تحكم علوي
٩٤	hollow stem valve	Hohlventil	صمام ذو جذع مجوف
٢٧٠	double-way valve	Zweiwegeventil	صمام ذو سكتين
٢٦٠	trailer-brake valve	Anhängerbremsventil	صمام فرملة المقطورة
٢٦٠	pneumatic controlled trailer-brake-valve	luftgesteuertes Anhänger-Bremsventil	صمام فرملة بتحكم هوائي للمقطورة
٩٨	armoured valve	Panzerventil	صمام مدرع
٩٤	bimetal valve	Bimetallventil	صمام مزدوج المعدن
٩٣	hanged valve	hängendes Ventil	صمام معلق
٢٧٠	continuous magnetic brake valve	Magnet-Dauerbremsventil	صمام مغنطيسي للكبح الجزئي المستمر (مع السير)
١٠٦	rotary slide valve	Drehschieber	صمام منزلق دوّار
١٢٤	additional (secondary) air-slide valve	Zusatzluftschieber	صمام منزلق للهواء الإضافي
٣١٣	level regulating valve	Niveau-Regelventil	صمام منظم لمستوى الضغط
١٠٥	starting air valve	Starterluftventil	صمام هواء بدء التشغيل
٢٦٤	stop cock	Absperrhahn	صنبور (محبس) حجز
٢٣٥	steering gear	Lenkgetriebe	صندوق (مجموعة) التوجيه
١٧٤	relay box	Relaiskasten	صندوق المرحل
١٨٧	auxiliary gear box	Zusatzgetriebe	صندوق تروس إضافي
١٧٦	automatic gear box	automatisches Getriebe	صندوق تروس أوتوماتي (تلقائي)
١١	gear box	Wechselgetriebe	صندوق تروس تغيير السرعات
١٧٦	sliding change gear box	Schieberadgetriebe	صندوق تروس ذو التروس المنزلقة
١٧٦	gear-box with shifting sleeve	Schaltmuffengetriebe	صندوق تروس ذو جلبة متحركة
١٧٦	driving-key-type gear box	Ziehkeilgetriebe	صندوق تروس ذو خابور السحب (المنزلق)
١٧٦	planetary gear box	Planetengetriebe	صندوق تروس كوكبي
١٧٦	step gear box	Stufengetriebe	صندوق تروس متدرج
١٧٦	synchronized gear box	Synchrongetriebe	صندوق تروس متزامن
١٧٩	locking synchronized gear box	Sperrsynchrongetriebe	صندوق تروس متزامن مانع
١٨١	semi-automatic gear box	halbautomatisches Getriebe	صندوق تروس نصف أوتوماتي
١٨١	hydro-dynamic gear box	hydrodynamisches Getriebe	صندوق تروس هيدروديناميي
٢٣٨	worm and sector steering gear	Schneckensegment-Lenkgetriebe	صندوق (مجموعة) توجيه ذو ترس دودي قطاعي
٤١	spindle box	Spindelkasten	صندوق عمود الإدارة

٤٤	driving dog (disc)	Mitnehmerscheibe	صينية تدوير

« ض »

٨١	compressor	Kompressor	ضاغط
١١٩	regulation of stroke	Hubregulierung	ضبط (تنظيم) الشوط
٣١	flame adjusting	Flammeneinstellung	ضبط اللهب
١٩٢	bearing contact pattern adjusting	Tragbildeinstellung	ضبط انطباعة التلامس
٢٩٧	ignition timing adjustment	Zündzeitpunktverstellung	ضبط توقيت الإشعال
٢٦٠	reserve pressure	Vorratsüberdruck	ضغط التخزين (الزائد)
٢١٥	operating pressure	Betriebsdruck	ضغط التشغيل
١٤٧	injection pressure	Einspritzdruck	ضغط الحقن
٧١	charging pressure	Ladeüberdruck	ضغط الشحن (الموجب)
٨٥	surface (contact) pressure	Flächenpressung	ضغط سطحي
٢٣١	squeak noises	Quietschgeräusche	ضوضاء الاحتكاك
١٧٧	gear-shift noises	Schaltgeräusche	ضوضاء التعشيق

« ط »

٦٨	heat energy	Wärmeenergie	طاقة حرارية
٦٨	kinetic (motional) energy	Bewegungsenergie	طاقة حركة
٢٧٨	barrier layer	Sperrschicht	طبقة مانعة (حاجزة)
٣٥	running side layer	Laufschicht	طبقة مواجهة للدوران
٨٣	protection layer	Schutzschicht	طبقة واقية
٩٩	platforming method	Platformingverfahren	طريقة البلتنة (معالجة الوقود لتحسين مقاومته للدق)
٩٩	cracking method	Crackverfahren	طريقة التكسير
١٤٧	air-cell method	Luftspeicherverfahren	طريقة الخلية الهوائية
٢٤٥	composite casting method	Verbundgußverfahren	طريقة السباكة المؤتلفة
٢٠٢	electrostatic varnishing method	elektrostatisches Lackierverfahren	طريقة الطلاء الكهروستاتية
١٤٧	turbulence (whirling) chamber method	Wirbelkammerverfahren	طريقة الغرفة الدوامية
١٤١	scavenging method	Spülverfahren	طريقة الكسح
١٤٧	mixture formation method	Gemischbildungsverfahren	طريقة تكوين الخليط
١٤٧	precombustion chamber method	Vorkammerverfahren	طريقة غرفة الاحتراق المتقدم
١٤٧	central sphere method	Mittenkugelverfahren	طريقة غرفة الاحتراق المركزية الكروية
١٠١	paint	Lack	طلاء (دهان)
١٠١	metal coating	Metallüberzug	طلاء معدني (لك)
٢٢٨	wheel rim	Felge	طوق العجلة (الجانط)
٢٢٨	trilex rim	Trilex-Felge	طوق عجلة ثلاثي القِطَع (تريلكس)
٢٢٩	dropbase rim	Tiefbettfelge	طوق عجلة ذو قاع (عميق)
٢٢٩	inclined shoulder rim	Schrägschulterfelge	طوق عجلة ذو كتف مائل
٢٢٩	flat-base rim	Flachbettfelge	طوق عجلة مسطح القاع

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
(ع)			
عائق فرقي قابل للتعشيق	schaltbare Ausgleichssperre	engageable differential lock	١٩٤
عازل	Isolator	isolator	٢٧٣
عجلة ابتدائية	Primärrad	primary wheel	١٧٤
عجلة التوربين	Turbinenrad	turbine wheel	١٧٤
عجلة ذات أسلاك (برامق) شعاعية	Drahtspeicherrad	wire spoke wheel	٢٢٨
عجلة رادة للفعل	Reaktionsrad	reaction wheel	١٧٥
عجلة قرصية	Scheibenrad	disc wheel	٢٢٨
عجلة نجمية (متشعبة)	Radstern	wheel spider (spoke wheel)	٢٢٩
عروة (عينية) إحكام	Sicherungsöse	safety cyelet	٢٤٧
عزم دوران بدء السير (الانطلاق)	Losbrechdrehmoment	initial breakaway torque	٢٩٢
علامة مستوى الزيت	Ölstandsmarke	oil level mark	١٢٧
علبة الضغط (العلو)	Höhendose	altitude box	١١٩
عمرة رئيسية (شاملة)	Grundüberholung	general overhauling	٣٠٠
عمق الحذافة	Schwungradtiefe	flywheel depth	١٦٦
عملية الاحتراق في المحرك	Verbrennungsvorgang im Motor	combustion-process in the engine	٦٨
عملية الكبح (الفرملة)	Bremsvorgang	braking operation	٢٤٣
عمود إدارة (تشغيل)	Arbeitsspindel	driving spindle	٤٤
عمود إكسنتريك	Exzenterwelle	eccentric shaft	١٦١
عمود إدارة رئيسي	Königswelle	vertical shaft (king pin)	٩٦
عمود التوجيه	Lenkspindel	steering shaft	٢٣٨
عمود الجر (التغذية)	Zugspindel	feed rod	٤١
عمود الرافعة المتأرجحة	Kipphebelwelle	rocker-lever shaft	٧٩
عمود سحب (مرشد)	Leitspindel	lead screw	٤١
عمود قائد	Antriebswelle	driving shaft	١٧٧
عمود معقوف (محني)	gekröpfte Welle	cranked shaft	٣٣
عمود مفصلي (كردان)	Gelenkwelle	cardan shaft, universal joint shaft	٣٣
عمود مفصلي أنبوبي	Gelenkwellenrohr	cardan tube	١٨٨
عمود مقود	Abtriebswelle	driven shaft	١٨٠
عمود وسيط	Zwischenwelle	intermediate shaft	١٨٤
عناصر تركيب (نبائط) أشباه الموصلات	Halbleiter-Bauteile	semi-conductor components	٢٧٨
عنصر ترشيح	Filtereinsatz	filter element	١٥٦
(غ)			
غازات العادم	Abgase	exhaust gases	٧٠
غرفة (حيز) الاحتراق	Verbrennungsraum	combustion chamber	٧٩
غرفة الخلط	Mischkammer	mixing chamber	١٠٣
غرفة العوامة	Schwimmergehäuse	float chamber	١٠٤
غشاء الضغط المنخفض	Unterdruckmembran	low pressure membrane	٢٩٥

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٩٩	hood	Haube	غطاء (المحرك)
٢٩٦	distributor cap	Verteilerkappe	غطاء الموزع
٣٢	protecting cap	Schutzkappe	غطاء واق
٢٠٠	roof skin (covering)	Dachaußenhaut	غلاف علوي (سقف السيارة)

« ف »

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
١٠١	flow passage	Durchflußöffnung	فتحة التدفق (السريان)
١٤٠	over-flow (scavenging) port	Überströmschlitz	فتحة كسح
٣٠٢	lamp filament	Leuchtfaden	فتيل المصباح
٨٠	holes (cut out) for combustion chamber	Brennraumausschnitte	فجوات خاصة بغرفة الاحتراق
٩١	balancing check	Ausgleichswange	فخذ (ساعد) توازن
٢٨٧	carbon brush	Kohlebürste	فرشاة كربونية
٢٤٣	eddy current brake	Wirbelstrombremse	فرملة التيار الدوامي
٢٦٩	hydraulic turbulent flow brake	Wasserwirbelbremse	فرملة الدوامات المائية
١٨٤	foot brake	Fußbremse	فرملة القدم
٢٤٣	motor brake	Motorbremse	فرملة المحرك
٢٥٣	overrun brake	Auflaufbremse	فرملة المقطورة
٢٤١	locking (manually operated) brake	Feststellbremse	فرملة تثبيت
٢٥٥	double-connection brake	Zweileitungsbremse	فرملة ثنائية الموصل
٢٤٩	two circuit brake system	Zweikreisbremsanlage	فرملة ذات دائرتين
٢٤٣	drum brake	Trommelbremse	فرملة ذات دارة
١٩٤	differential brake	Ausgleichbremse	فرملة فرقية
٢٤٦	disc brake	Scheibenbremse	فرملة قرصية
٢٤٧	four-piston disc brake	Vier-Kolben-Scheibenbremse	فرملة قرصية ذات أربعة كباسات
٢٥٥	single-circuit, single line brake	Einkreis-Einleitungsbremse	فرملة مفردة الدائرة ذات موصل واحد
٢٤٥	servo brake	Servo-Bremse	فرملة مؤازرة
٢٩٢	disengaging	Ausspuren	فصل التعشيق
١١٩	disengaging of clutch	Auskuppeln	فصل (إعتاق) القابض
٢٣١	vulcanisation	Vulkanisieren	فلكنة
١٠٣	Venturi tube	Lufttrichter	فنتوري (قمع) هواء
٤٦	high speed steel	Hochleistungsschnellschnittstahl	فولاذ سريع القطع
٣٨	induction hardened steel	induktionsgehärteter Stahl	فولاذ مصلد بالتيارات الحثية

(ق)

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
قابض احتكاك	Reibungskupplung	friction clutch	١٦٥
قابض السرعة الزائدة	Rollenfreilauf	over-running clutch	٢٩٣
قابض بالقوة الطاردة المركزية	Fliehkraftkupplung	centrifugal force clutch	١٦٤
قابض ثنائي (مزدوج)	Doppelkupplung	double clutch	١٧١
قابض ذاتي التشغيل	automatisch arbeitende Schaltkupplung	automatic operated clutch	١٨٤
قابض ذو نابض احتكاك	Federbandkupplung	spring friction clutch	٢٩٣
قابض ذو نابض غشائي	Membranfederkupplung	diaphragm spring clutch	١٦٤
قابض ذو نوابض لولبية	Schraubenfederkupplung	helical spring clutch	١٦٤
قابض كهرومغنطيسي	elektromagnetische Kupplung	electro-magnetic clutch	١٦٤
قابض متعدد الأقراص	Lamellenkupplung	multiple disc clutch	١٦٤
قابض مزدوج الأقراص	Zweischeibenkupplung	double-disc clutch	١٦٤
قابض هيدروديناميي	hydrodynamische Kupplung	hydrodynamic clutch	١٦٤
قابض هيدرولي	Flüssigkeitskupplung	hydraulic clutch	١٧٤
قاطرة (آلة جر)	Zugmaschine	traction engine	١٠
قاطع التلامس (بالدائرة)	Unterbrecher	circuit breaker	٢٩٥
قاطع تلامس الإشعال	Zündunterbrecherkontakt	ignition contact breaker	٣٩
قاعدة (طرف) شمعة الإشعال	Kerzenfuß	spark plug base (end)	٢٩٨
قامطة زنق (بشكل متعرج)	Verklammerungszacke	joggled clamp	٨٠
قدرة حيز الشوط	Hubraumleistung	power per unit of displacement	١١٥
قدرة مستفادة	Leistungsgewinn	gained power	٧١
قرص (رأس) الصمام	Ventilteller	valve disc (head)	٩٤
قرص الفرملة	Bremsscheibe	brake disc	٢٤٦
قرص تشتيت (ناشر)	Streuscheibe	diffusing disc	٣٠٢
قرص جاسىء للقابض	starre Kupplungsscheibe	rigid clutch disc	١٦٦
قرص ضاغط	Druckplatte	pressure plate	١٦٥
قرص مدرج	Zifferblatt	compass dial	٥٧
قرص مرن للقابض	elastische Kupplungsscheibe	elastic clutch disc	١٦٦
قرص مثقب	Rastenscheibe	slotted disc	٢١٣
قرص نابض	Federteller	spring disc	٩٥
قرص هاردي	Hardy-Scheibe	Hardy disc	١٩٠
قضيب التوائي نابض	Drehstabfeder	torsion bar spring	٢٠٩
قضيب تلامس	Kontaktbahn	contact bar	١٢٥
قطبية	Polarität	polarity	٢٨٠
قطعة مسننة	Zahnsegment	toothed segment	٥٩
قطعة منزلقة	Schiebestück	sliding part	١٨٩
قلابة	Kipper	tipper (dump truck)	١٩٧
قلب حديدي	Eisenkern	iron core	٢٨٨
قلب دعم	Stützkern	supporting core	٢٠٧
قميص	Mantel	jacket	١٩٠
قناة الدخول	Zuführweg	inlet (feed) duct	٦٤
قناة الزيت	Ölkanal	oil gallery	٩٠
قوة دعس	Pedalkraft	pedal force	١٦٩
قيمة حرارية	Heizwert	calorific value	١٠٠

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
« ك »			
كباس التخميد	Dämpfungskolben	damping piston	٢١٣
كباس أوتوترميك (أوتوترماتيك)	Autothermikkolben	autothermic piston	٨٣
كباس بجذع ذي شق	Schlitzmantelkolben	split-skirt piston	٨٣
كباس بجذع كامل	Vollschaftkolben	solid-skirt piston	٨٣
كباس بحامل حلقات (شنابر)	Ringträgerkolben	piston with ring holder	٨٣
كباس بشريط حلقي	Ringstreifenkolben	strip-ring piston	٨٤
كباس بشريط مثقب	Lochstreifenkolben	perforated band piston	٨٤
كباس ذو شريط فولاذي	Stahlstreifenkolben	steel strip (band) piston	٨٣
كباس رد الفعل	Reaktionskolben	reaction piston	٢٦٨
كباس متأرجح	Wiegekolben	rocker piston	٢٧٠
كباس مرن	Elastik-Kolben	elastic-piston	٨٣
كبت (حجب) التداخل (اللاسلكي)	Funkentstörung	radio interference suppression	٢٩٠
كبح كلي	Vollbremsung	full braking	٢٦٥
كبل إشعال	Zündkabel	ignition cable	٢٩٥
كتف طوق العجلة	Felgenschulter	shoulder of rim	٢٢٩
كتلة الأسطوانات والمرفق	Zylinder-Kurbelgehäuse	cylinder-crankshaft block	٧٦
كتلة الحذافة	Schwungmasse	mass of the fly wheel	٧٣
كتلة منصهرة	Schmelzfluß	flow of melt (fused mass)	٣٠
كسح بالتيار المستعرض	Querstromspülung	cross-stream scavenging	١٤١
كسح ذو تدفق في اتجاه واحد	Gleichstromspülung	uniflow scavenging	١٤٢
كسح عكسي	Umkehrspülung	reverse scavenging	١٤٢
كفاية	Wirkungsgrad	efficiency	٣٧
كلابة المخرطة	Drehherz	lathe dog	٤٤
كهروهوائي (كهربائي بالهواء المضغوط)	elektropneumatisch	electro-pneumatic	٢٧٠
« ل »			
لحام بالسبائك الرخوة	Weichlöten	soft soldering	٢٤
لحام بالسبائك الصلدة	Hartlöten	hard soldering	٢٤
لحام بالصهر	Schmelzschweißen	fusion welding	٢٧
لحام بالضغط	Preßschweißen	pressure welding	٢٧
لحام بالطرق على الساخن (حدادي)	Feuerschweißen	forge welding	٢٧
لحام بالقوس الكهربائي	Lichtbogenschweißen	electric arc welding	٢٧
لحام بالمقاومة الكهربائية	Widerstandsschweißen	resistance welding	٢٧
لحام خطي (درزي)	Nahtschweißung	seam welding	٢٧
لحام نافذ	Durchschweißen	through welding	٣١
لحام نقطي	Punktschweißung	spot welding	٢٧
لدائن تصلد بالتسخين	Duroplaste	thermosetting plastics	٣٠٥
لزوجة	Viskosität	viscosity	١٣٥
لفيفة الإثارة	Erregerwicklung	exciting winding	٢٨٧
لفيفة ثانوية	Sekundärwicklung	secondary winding	٢٩٥
لقمة منزلقة (كتلة عائمة)	Kulissenstein	sliding block	١٥٧

عربي	ألماني	انكليزي	رقم الصفحة
لوح عارض (قرص اصطدام)	Prallplatte	baffle plate	٢٤٠
لوحة الأجهزة	Instrumentenbrett	instrument panel	١٠١
لوحة الطراز (التوصيف)	Typenschild	type plate	٢٧٠
لولب-ISO	ISO-Gewinde	ISO-thread	١٣
لولب ذو سن مستدير	Rundgewinde	round (nuckle) thread	١٤
لولب شبه منحرف	Trapezgewinde	trapezoidal thread	١٣
لولب كبير الخطوة (لولب خشن)	Steilgewinde	coarse thread	٢٩٢
لولب متري	metrisches Gewinde	metric thread	١٣
لولب مثلث	Spitzgewinde	triangular thread	١٣
لولب مستوي	Plangewinde	plane thread	٤٢
لولب ويتوورث	Whitworthgewinde	Whitworth thread	١٣
لولب يساري	Linksgewinde	left-hand thread	٢٦٧

« م »

مادة تزليق	Schmiermittel	lubricant	١٣٤
مادة حشو	Füllstoff	filling material	١٦٧
مادة مانعة للدق (الطقطقة)	Klopfbremse	anti-detonating substance	٦٦
ماسحة الزجاج	Scheibenwischer	wind-shield wiper	٢٨٢
مانع التجمد	Frostschutzmittel	antifreezing compound	١٣٣
مانع التسرب في الصمام	Ventilschaftabdichtung	valve seal	٩٥
مانع تسرب خارجي	Außendichtung	outer seal	١٦١
مانع تسرب داخلي	Innendichtung	internal seal	١٦٢
مانع تسرب من أسطح الجبهات	Stirnflächendichtung	frontal-face seal	١٦١
مانع تسرب نصف قطري (محوري سطحي)	Radialdichtung	radial seal	١٦١
مانومتر ذو نابض أنبوبي	Rohrfedermanometer	spring tube manometer	٥٩
مبادل حراري	Wärmetauscher	heat exchanger	١٣٩
مبطىء	Verlangsamer	retarder	٢٦٩
مبطىء هيدرولي	Hydraulik-Verlangsamer	hydraulic-retarder	٢٤٣
مبيت (جسم)	Gehäuse	housing	٣٦
مبيت العجلات	Radgehäuse	wheel housing (case)	١٩٩
مبيت المحرك	Motorgehäuse	engine housing	١٥٩
مبيت المرفق	Kurbelgehäuse	crankshaft housing	١٣٩
مبين كهربائي لكمية الوقود	elektrische Kraftstoffanzeige	electrical indicator for fuel	١٠١
مثقب حلزوني	Spiralbohrer	spiral drill	٤٥
مجال التفاوت المسموح به	Toleranzfeld	range of tolerance	٥٣
مجال مغنطيسي	Magnetfeld	magnetic field	٢٨٦
مجرى التوصيل (التدفق)	Überströmkanal	transfer port	١٤٠
مجرى حلقة كشط الزيت	Ölabstreifnut	oil groove of scraper-ring	٨٣
مجنزرة (مركبة مجنزرة)	Kettenfahrzeug	tracked vehicle	١٦٨
مجفف المرشح	Filtertrockner	filter drier	٢٠٥
مجمّع	Kollektor	collector	٢٧٩
مجموعة (أنابيب) العادم	Auspuffanlage	exhaust system	١١
مجموعة تروس إدارة المحور (الإدارة النهائية)	Achsgetriebe	axle drive gearing (final drive)	١٨٨

٢٣٥	steering gear (mechanism)	Lenkgetriebe	مجموعة تروس التوجيه
١٩٢	hypoid gear box	Hypoidantrieb	مجموعة تروس دودية (هيبويدية)
١٨٨	differential gearing	Ausgleichgetriebe	مجموعة تروس فرقية (تفاضلية)
١٩٣	bevel gear with conical pinion	Kegelradausgleichgetriebe	مجموعة تروس فرقية بالتروس المخروطية
١٨١	Trilok-system	Trilok-System	مجموعة تريلوك
٢٨٦	regulation system	Regleranlage	مجموعة تنظيم
٢٣٨	steering gear with rolling pin	Rollfinger-Lenkgetriebe	مجموعة توجيه بالأصبع المتدحرج
٢٣٨	worm and roller steering gear	Schneckenrollen-Lenkgetriebe	مجموعة توجيه بالدلافين المحززة
٢٣٨	rack and pinion steering gear	Zahnstangengetriebe	مجموعة توجيه بالجريدة المسننة
٢٣٨	worm and nut steering gear	Schraubengetriebe	مجموعة توجيه بعمود ملولب وصمولة
١٠١	change-over cock	Umschalthahn	محبس تحويل
١٠١	three-way cock	Dreiwegehahn	محبس ذو ثلاث سكك
١٢١	speed regulator	Drehfrequenzgeber	محدد (منظم) السرعة
٢٦٣	braking power limiting device	Bremskraftbegrenzer	محدد قوة الكبح
٥٩	feeler (gauge)	Fühllehre	محدد قياس استشعاري (مجس)
٥٩	fine feeler	Feintaster	محدد قياس استشعاري دقيق
٥٩	nozzle (jet) gauge	Düsenlehre	محدد قياس المنافث
٥٧	dial gauge	Meßuhr	محدد قياس ذو قرص مدرّج (ساعة قياس)
٥٩	spark plug gauge	Zündkerzenlehre	محدد قياس شمعة الإشعال
٥٩	flat feeler gauge	Flachfühllehre	محدد قياس مسطح
٦٢	four-stroke Otto engine	Otto-Viertaktmotor	محرك أوتو رباعي الأشواط
١٥٨	reciprocating engine	Hubkolbenmotor	محرك ترددي
٢٩١	series (wound) motor	Hauptstrommotor	محرك توال (ذو ملفات توال)
٦٣	two-stroke engine	Zweitaktmotor	محرك ثنائي الشوط
١٥٩	double-acting (disc) engine	Zweifachmotor	محرك ثنائي القرص
١٧٢	rear engine	Heckmotor	محرك خلفي
١٥٨	rotary piston engine (Wankel)	Kreiskolbenmotor	محرك ذو كباس دوّار (فانكل)
١٥٨	double-acting (disc) rotary piston engine	Zweifach-Kreiskolbenmotor	محرك ذو كباس دوّار مزدوج الفعل (القرص)
٧٥	V-engine	V-Motor	محرك على شكل ٧
١٦١	multi-acting (disc) engine	Mehrfachmotor	محرك متعدد الأقراص
٧٤	opposed cylinder engine	Boxermotor	محرك متقابل الأسطوانات
٧٣	double-cylinder in-line engine	Zweizylinder-Reihenmotor	محرك مستقيم ذو أسطوانتين
١٨٥	servo-motor	Servo-Motor	محرك مؤازر
٣٥	needle-bearing	Nadellager	محمل إبري
٨٨	single layer bearing	Einschichtlager	محمل أحادي الطبقة
٣٥	barrel-roller bearing	Tonnenlager	محمل أسطينات (برميلي)
٣٥	roller bearing	Wälzlager	محمل أسطينات (دلافين)
٣٦	spherical roller thrust bearing	Scheiben-Tonnenlager	محمل أسطينات كري
٣٥	tapered roller bearing	Kegelrollenlager	محمل أسطينات مستدقة
٣٤	journal bearing	Gleitlager	محمل انزلاقي
٣٦	ring bearing	Ringlager	محمل حلقي
٢٩٣	self-lubricating bearing	Selbstschmierlager	محمل ذاتي التزليق
٨٨	connecting rod bearing	Pleuellager	محمل ذراع التوصيل
٣٦	disc bearing	Scheibenlager	محمل ذو أقراص
٨٨	three layer bearing	Dreistofflager	محمل ذو ثلاث طبقات (معادن)

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٣٥	DX-bearing	DX-Lager	محمل DX (ذو سطح صقيل)
٣٥	DU-bearing	DU-Lager	محمل DU (ذو طبقة تفلون)
٩١	main bearing	Hauptlager	محمل رئيسي
١٦٨	clutch thrust bearing	Kupplungsdrucklager	محمل ضغط للقابض
٣٥	ball bearing	Kugellager	محمل كريات
٣٦	self-aligning ball bearing	Pendelkugellager	محمل كريات ذاتي الانضباط المحوري
٣٦	detachable ball bearing	Schulterkugellager	محمل كريات ذو كتف
٣٥	multi-layer (journal) bearing	Mehrstofflager	محمل متعدد الطبقات
٨٨	solid wall bearing	Vollwandlager	محمل مصمت الجدار
١٨٩	intermediate bearing	Zwischenlager	محمل وسيط
٢٢٥	stub axle	Faustachse	محور أبتر
١٦٢	engine axle (spindle)	Motorachse	محور المحرك
٢٢٢	anchor axle	Ankerachse	محور بذراعي تثبيت
٢٢٤	swing axle	Pendelachse	محور بندولي (متأرجح)
٢٢٢	double-hinge swing axle	Zweigelenkpendelachse	محور بندولي مزدوج المفصل
٢٢١	rigid axle	Starrachse	محور جاسىء
٢٢٦	rear axle	Nachlaufachse	محور خلفي
٢٢٢	centre pole axle (waggon shaft pole)	Deichselachse	محور عمود المنتصف
٢١٦	rubber spring axle	Gummifederachse	محور مزود بنابض مطاطي
٢٢١	floating axle	Schwebeachse	محور معلق (عائم)
١٨١	converter (transformer)	Wandler	محوّل
٢٦٠	pressure transformer	Druckwandler	محوّل الضغط
١٦٢	torque transmitter	Drehmomentwandler	محوّل (ناقل) عزم الدوران
١٥٩	inverted brake cone	Bremskonus	مخروط الفرملة
٣٠	flame cone	Flammenkegel	مخروط اللهب
١٢٢	timing diagram	Zeitdiagramm	مخطط التوقيت (الإشعال)
٤٦	machine tool diagram	Maschinentafel	مخطط المكنة
١٦٧	torsional vibration (damper)	Torsionsdämpfer	مخمد التوائي
٩١	vibration damper	Schwingungsdämpfer	مخمد اهتزازات
٩١	torsional vibration balancer (damper)	Drehschwingungsdämpfer	مخمد اهتزازات لي
٣٠٧	car heater	Wagenheizer	مدفأة السيارة
٢٦٤	pressure safety relay	Drucksicherungsrelais	مرحّل تأمين الضغط
٢٦٦	pressure transducer	Druckgeber	مرسل الضغط
٣٠٥	impulse sender	Impulsgeber	مرسل نبضات
٣٠٤	heated wire blinker unit	Hitzdraht-Blinkgeber	مرسل وميض ذو سلك حراري
١٢٧	cyclone filter	Zyklonfilter	مرشح إعصار
١٥٧	cylindrical (pipe) type filter	Rohrfilter	مرشح أنبوبي
١٤٨	prefilter (auxiliary filter)	Vorfilter	مرشح أولي
١٣٨	replacing filter	Wechselfilter	مرشح تبديل
١٢٦	dry-air filter	Trockenluftfilter	مرشح جاف للهواء
١١٦	fine filter	Feinfilter	مرشح دقيق
١٣٨	plate-type filter	Spaltfilter	مرشح ذو رقائق منفصلة
١٢٧	wet-air filter	Naßluftfilter	مرشح رطب للهواء
١٥٧	laminar filter	Plattenfilter	مرشح رقائقي
١٣٨	heavy duty filter	Hochleistungsfilter	مرشح عالي القدرة (للخدمة الشاقة)

الصفحة			عربي
١٤٨	felt filter	Filzfilter	مرشح لبادي
١٣٧	combination filter	Kombinationsfilter	مرشح مركب
١٣٨	sieve filter	Siebfilter	مرشح مصفاة
١٣٨	magnetic filter	Magnetfilter	مرشح مغنطيسي
١٥٧	wound filter	Wickelfilter	مرشح ملفوف
١٥٧	star-type filter	Sternfilter	مرشح نجمي
٢٧٠	air filter of pipe lines	Rohrleitungsluftfilter	مرشح هواء خطوط الأنابيب
١٢٧	oil-bath air filter	Ölbadluftfilter	مرشح هواء ذو حمام زيت
١٢٧	centrifugal air filter	Schleuderluftfilter	مرشح هواء يعمل بالطرد المركزي
١٥٧	paper filter	Papierfilter	مرشح ورقي
٤٠	crank mechanism (rocker arm)	Kurbelschwinge	مرفق مهتز (متردد)
٨١	center of the piston head	Kolbenbodenmitte	مركز رأس الكباس
٣٨	cooling blower	Kühlgebläse	مروحة التبريد
١٣٢	visco-ventilator	Visko-Lüfter	مروحة سائل لزج
٢٠٩	spring displacement	Federweg	مسار (مدى حركة) النابض
١٦٥	course (progress) of force	Kraftverlauf	مسار انتقال القوة (الحركة)
١٥٨	trochoidal track	Trochoidenbahn	مسار تروكويدي (عجلي)
٣٠٥	sound level	Schallpegel	مستوى الجهارة
١٠٨	fuel level	Kraftstoffniveau	مستوى الوقود
٣٠٢	spraying pistol (gun)	Spritzpistole	مسدس ترذيذ (رش)
٢٤٥	support bolt	Abstützbolzen	مسمار سند (إيقاف)
١٣٠	ribbed tube radiator	Rippenrohrkühler	مشع (مبرد) ذو أنابيب مجهزة بزعانف
١٣٠	finned radiator	Lamellenkühler	مشع ذو زعانف
٨	honeycomb radiator	Wabenkühler	مشع (مبرد) على شكل خلايا النحل
٢٥٣	suction manifold	Ansaugkrümmer	مشعب السحب
٢٦٩	exhaust manifold	Auspuffkrümmer	مشعب العادم
٣٠٤	spot light lamp	Suchscheinwerfer	مصباح استكشاف
١٣٨	signal lamp	Kontrollampe	مصباح (لمبة) إشارة
٢٩٠	charging signal lamp	Ladeanzeigelampe	مصباح (لمبة) إشارة الشحن
٣٠٤	reverse driving lamp	Rückfahrscheinwerfer	مصباح السير الخلفي
٣٠٣	fog (head) lamp	Nebelscheinwerfer	مصباح الضباب
٣٠٤	curve lamp	Kurvenscheinwerfer	مصباح المنعطفات
٣٠٢	parking light	Standlicht	مصباح الوقوف
٣٠٢	bilux two-filament lamp	Bilux-Zweifadenlampe	مصباح (لمبة) بيلوكس ثنائي الفتيلة
٣٠٤	map reading lamp	Kartenleselampe	مصباح قراءة خرائط الطرق
٢١٥	height corrector	Höhenkorrektor	مصحح الارتفاع
١٥٢	automatic stop for governer rod	automatischer Regelstangenanschlag	مصد تلقائي لجريدة التنظيم
١٥٢	fixed stop for governer rod	feststehender Regelstangenanschlag	مصد ثابت لجريدة التنظيم
١٥٢	adjustable stop for governer rod	verstellbarer Regelstangenanschlag	مصد قابل للضبط لجريدة التنظيم
٢١٠	rubber buffer	Gummipuffer	مصد مطاطي
٢٦٩	main power supply	Bordnetz	مصادر إمداد الطاقة
٢٥٣	servo unite	Unterdruckverstärker	مضخم (مؤازر فرملة) يعمل بالضغط المنخفض
٢٥٧	defrosting pump	Frostschutzpumpe	مضخة الوقاية من الصقيع (التجمد)
١٤٩	fuel feed pump	Kraftstoff-Förderpumpe	مضخة تغذية الوقود
١٦٠	vacuum pump	Vakuumpumpe	مضخة تفريغ (ضغط منخفض)

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
مضخة تقنين الزيت	Öldosierpumpe	oil-dosing pump	١٦٢
مضخة حقن البنزين	Benzin-Einspritzpumpe	benzine-injection pump	١١٦
مضخة حقن ديزل	Diesel-Einspritzpumpe	Diesel-injection pump	١٤٨
مضخة حقن على التوالي	Reiheneinspritzpumpe	series-injection pump	١٥٠
مضخة حقن موزعة	Verteilereinspritzpumpe	injection distribution pump	١٥٠
مضخة دوّارة	Kreiselpumpe	circulating (rotating) pump	١٣١
مضخة ذات تروس	Zahnradpumpe	gear pump	١٣٦
مضخة ذات غشاء	Membranpumpe	membrane pump	١٠٢
مضخة مياه	Wasserpumpe	water pump	١٣١
معالجة في حمام حمضي (للتنظيف)	Beizen	pickling	٣٠
معدل التدفق (سرعة السريان)	Strömungsgeschwindigkeit	rate of flow	٢٩
مغنطيس إيقاف	Stoppmagnet	stop magnet	١١٩
مغنطيس بدء التشغيل	Startmagnet	start magnet	١١٨
مغنيط إشعال	Zündmagnet	ignition magnet	٢٩٤
مفتاح إشعال	Zündschalter	ignition switch	٢٩٤
مفتاح التحكم في ضوء الفرملة	Bremslichtschalter	stop lamp switch	٢٤٨
مفتاح التيار العائد	Rückstromschalter	reverse current switch	٢٨٩
مفتاح الجر (الاستمرارية)	Schleppschalter	continuity switch	١٢٥
مفتاح الضغط	Druckschalter	pressure switch	١٢٤
مفتاح الضوء الأمامي الساطع (كشاف المسافات البعيدة)	Fernlichtschalter	head light switch	٢٧٢
مفتاح بدء التشغيل التوهجي	Glühanlaßschalter	heater-plug starting switch	٣٠١
مفتاح بيان ضغط الزيت	Öldruck-Kontrollschalter	oil-pressure control switch	٣٠٧
مفتاح تلامس (ملامس)	Kontaktgeber	contactor	٥٧١
مفتاح تنظيم (الجهد)	Reglerschalter	voltage regulator	٢٨٧
مفتاح توقيت	Zeitschalter	time switch (timer)	١١٨
مفتاح توقيت حراري	Thermozeitschalter	thermo-timer (switch)	١١٨
مفتاح حلقي	Ringschlüssel	ring spanner (wrench)	١٥
مفتاح دقيق	Mikroschalter	microswitch	١١٩
مفتاح ربط ذو عزم دوران مقنن	Drehmomentschlüssel	torque spanner	١٥
مفتاح سرعة الدوران	Drehfrequenzschalter	rotational speed-switch	١١٩
مفتاح صمام الخنق	Drosselklappenschalter	throttle valve switch	١٢٤
مقاوم لفعل الحرارة	hitzebeständig	heat resisting	١٦٧
مقاوم للضغط	druckfest	pressure resisting	١٣٢
مقاومة إجهاد التحديب (الانبعاج)	Knickfestigkeit	buckling strength	٨٧
مقاومة إجهاد اللي	Verdrehfestigkeit	torsion strength	٢٠٧
مقاومة البلى	Verschleißwiderstand	wear resistance	٧٦
مقاومة التقشر بالاحتراق	Zunderbeständigkeit	non-scaling property	٩٤
مقاومة الدق (الطقطقة)	Klopffestigkeit	knocking resistance	٦٦
مقاومة السير	Fahrwiderstand	road resistance	٢٢٧
مقاومة الصدأ (التآكل الكيميائي)	Korrosionsfestigkeit	corrosion resistance	٢٤
مقبض إيقاف (ذو سقاطة)	Rastgriff	stop grip	٤٦
مقدار (معدل) التدفق	Durchflußmenge	quantity of flow	١٠٤
مقدمة المركبة	Vorderwagen	limber	٢٠٠
مقطع التدفق (الخروج)	Ausflußquerschnitt	cross-section of outlet flow	١٠٧

الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٩٤	valve seat	Ventilsitzring	مقعد الصمام
١٠٦	start carburetor	Startvergaser	مكربن بدء التشغيل
١١١	over-flow carburetor	Überlaufvergaser	مكربن ذو أنبوب للفائض
١٠٣	inclined flow carburetor	Schrägstromvergaser	مكربن ذو تيار مائل
١٠٣	transverse draft carburetor	Flachstromvergaser	مكربن ذو سحب (تيار) أفقي
١٠٣	updraft carburetor	Steigstromvergaser	مكربن ذو سحب (تيار) صاعد
٨	jet (nozzle) carburetor	Spritzdüsenvergaser	مكربن (مغذي) ذو منافث
١١١	carburetor with slide	Schiebervergaser	مكربن ذو منزلق
١١٠	multi-stage carburetor	Stufenvergaser	مكربن متعدد المراحل
١١١	double carburetor	Doppelvergaser	مكربن مزدوج
١٠٧	auxiliary carburetor	Hilfsvergaser	مكربن مساعد
١١٠	governer carburetor	Registervergaser	مكربن منظم
١٢٣	release contact	Auslösekontakt	ملامس (نقطة تلامس) إعتاق
٣٠٥	blinker contact	Blinkkontakt	ملامس الضوء الوماض
٢٩٥	ignition coil	Zündspule	ملف إشعال
٢٨٨	current coil	Stromspule	ملف تيار
١٢٣	induction coil	Induktionsspule	ملف حث
٣١٦	shock absorber	Stoßdämpfer	ممتص الصدمات
٣١٦	single-tube shock absorber	Einrohr-Dämpfer	ممتص صدمات أحادي الأنبوب
٣١٧	telescopic vibration shock absorber	Teleskop-Schwingungsdämpfer	ممتص صدمات تلسكوبي
٣١٨	double-tube shock absorber	Zweirohrdämpfer	ممتص صدمات مزدوج الأنبوب
٧٢	compression curve	Verdichtungslinie	منحنى الانضغاط
٧٢	pressure-volume diagram	Druck-Weg-Schaubild	منحنى الضغط والحجم
٢٩٨	engine indicator diagram	Motordiagramm	منحنى (مخطط) بياني المحرك
١١٢	gas sluice	Gasschieber	منزلق الوقود (الغاز)
٩	test stand	Prüfstand	منصب اختبار
٢٣٦	lifting platform	Hebebühne	منصب رفع
١٩٧	platform	Pritsche	منصة (تركيب علوي صندوق)
٣٠	reduction zone	Reduktionszone	منطقة اختزال
١٩٨	crushing zone	Knautschzone	منطقة التحطيم
١٢٢	pressure regulator	Druckregler	منظم الضغط
١٣٢	regulating throttle	Drosselregler	منظم خنق
١٣٢	short-circuit regulator	Kurzschlußregler	منظم دائرة القصر
٢٦٧	brake force controller	Bremskraftregler	منظم قوة الكبح
١٥٢	centrifugal force regulator	Fliehkraftregler	منظم يعمل بالطرد المركزي
١٥٢	pneumatic governer	pneumatischer Regler	منظم يعمل بالهواء المضغوط
٢١٤	roll bellow	Rollbalg	منفاخ تدحرجي
٢١٢	spring bellow	Federbalg	منفاخ نابض
١٠٧	no-load nozzle (jet)	Leerlaufdüse	منفث اللاحمل
١١٣	pin type nozzle	Nadeldüse	منفث ذو إبرة
١٥٥	hole type nozzle	Lochdüse	منفث ذو ثقوب
١٥٥	pivot nozzle	Zapfendüse	منفث ذو نتوء
١٠٤	main nozzle (jet)	Hauptdüse	منفث رئيسي
٣٠٧	defroster nozzle	Entfrosterdüse	منفث مزيل الصقيع

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٢٦٥	brake booster (servo)	Bremsverstärker	مؤازر قوة الكبح
٢٦٥	single chamber-brake booster	Einkammer-Bremsverstärker	مؤازر قوة الكبح ذو غرفة واحدة
٢٢٤	stabilizer	Stabilisator	موازن
٢١٤	torsional bar stabilizer	Drehfederstabilisator	موازن ذو قضيب التوائي نابض
٩١	balancing	Auswuchten	موازنة
١٢٣	ignition distributor	Zündverteiler	موزع الإشعال
٢٨٦	generator	Generator	مولّد
٢٩٩	heat balance	Wärmehaushalt	ميزان حراري
٥٧	micrometer	Schraubmesser	ميكرومتر
٢٣٤	camber	Sturz	ميل العجلات الأمامية (عن المستوى الرأسي)

« ن »

رقم الصفحة	إنجليزي	ألماني	عربي
٨٤	expander spring	Expanderfeder	نابض اتساعي
١٣٢	return spring	Rückstellfeder	نابض إرجاع
٩٥	valve spring	Ventilfeder	نابض الصمام
٢١٠	trapezoidal spring	Trapezfeder	نابض على شكل شبه منحرف
٢١١	parabolic spring	Parabelfeder	نابض على شكل قطع مكافىء
٢١٠	half-elliptical spring	Halbelliptikfeder	نابض على شكل نصف قطع ناقص
٢٢٢	McPherson spring (spring leg)	McPherson-Federbein	نابض ماك فرسون (ساق نابضة)
١٠٦	bimetal spring	Bimetallfeder	نابض من ثنائي المعدن
٢٠٩	leaf spring	Blattfeder	نابض ورقي
٤١	stripping bell	Abziehergiocke	ناقوس (تجهيزة) سحب (خلع)
٢١٣	carrier (dog) bell	Mitnehmerglocke	ناقوس ناقل
١٢٢	current impulse	Stromimpuls	نبضة تيار
٦٥	compression ratio	Verdichtungsverhältnis	نسبة الانضغاط
١٥٧	transmission ratio	Übersetzungsverhältnis	نسبة نقل الحركة
٢٣٥	steering roll radius	Lenkrollhalbmesser	نصف قطر دوران توجيه التدحرج
٥٤	hole basis system	Einheitsbohrung	نظام أساسية الثقب
٥٤	shaft basis system	Einheitswelle	نظام أساسية العمود
٧٤	firing order	Zündfolge	نظام (تتابع) الإشعال
١١	injection system	Einspritzanlage	نظام (مجموعة) الحقن
٢١٢	open-air spring system	offenes Luftfederungssystem	نظام النابض الهوائي المفتوح
١٠٧	circulating air system	Umluftsystem	نظام الهواء الدوار
٧١	bypass-system	Bypass-System	نظام تحويل
٢٥١	dual-circuit system	Zweikreisanlage	نظام (دورة) ثنائي الدائرة
٢٥٤	pneumatic brake system	Druckluftbremsanlage	نظام (دورة) فرملة تعمل بهواء مضغوط
٢٤٩	single-circuit brake system	Einkreis-Bremsanlage	نظام (دورة) فرملة ذات دائرة واحدة
٢٤٩	multi-circuit system	Mehrkreis-Anlage	نظام (دورة) متعدد الدوائر
٢١٢	semi-closed pneumatic springing system	halbgeschlossenes Luftfederungssystem	نظام نابض هوائي نصف مغلق
٢٠٩	spring suspension systems	Federungssysteme	نظم التعليق بالنوابض
٢٤٩	freezing point	Gefrierpunkt	نقطة (درجة الحرارة) التجمد
١٣٥	setting point	Stockpunkt	نقطة العقد
٢٤٩	boiling point	Siedepunkt	نقطة (درجة حرارة) الغليان

عربي	ألماني	إنجليزي	رقم الصفحة
نقطة مفصلية	Gelenkpunkt	hinge point	٢٣٣
نقطة ميتة سفلى	Unterer Totpunkt	bottom dead centre (B.D.C.)	٦٢
نقطة ميتة عليا	Oberer Totpunkt	top dead centre (T.D.C.)	٦٢
نقل القوة	Kraftübersetzung	force (power) transmission	١٣
(هـ)			
هندسة التوجيه	Lenkgeometrie	steering geometry	٢٣٦
(و)			
وحدة الصمام	Ventileinheit	valve unit	٢١٤
وحدة لحام دائرية	Rundschweißanlage	circumferential welding equipment	٣٠٠
وزن ذاتي	Eigengewicht	dead weight	٨١
وسيط مقاوم للصدأ	Antikorrosionsmittel	anti-corrosion medium	٣١٤
وسيلة ضبط (مرسل إشارة إسنادية)	Sollwertgeber	setting means	٣٠٣
وصلة إستراف (خروج) الهواء	Ausblasstutzen	blowing out connection	٢٦١
وصلة أصابع (تيل)	Stiftverbindung	pin joint	٣٠
وصلة خوابير	Federverbindung	feather key joint	٣٠
وصلة خوابير مستدقة	Keilverbindung	key joint	٣٠
وصلة قابلة للفصل	lösbare Verbindung	detachable joint	١٣
وصلة كبل	Kabelverbindung	cable connection	٣٠٠
وصلة لحام	Schweißverbindung	welding joint	٢٦
وصلة مسامير ملولبة	Schraubenverbindung	bolted joint	١٤
وصلة معدنية	Beschlag	metal fitting	١٨٩
وصلة مفصلية جافة	Trockengelenk	dry disc joint (hinge)	١٩٠
وصلة مفصلية خاصة	Sondergelenk	special hinged joint	١٩٠
وصلة مفصلية عامة (هوك)	Kreuzgelenk	universal (Hooke's) joint	١٨٩
وصلة مفصلية كروية	Kugelgelenk	spherical hinged joint	١٩٠
وصلة مفصلية لذراع الشد (الأثر)	Spurstangengelenk	steering tie rod link (joint)	٢٣٥
وصلة مفصلية مزدوجة	Doppelgelenk	double joint (hinge)	١٩٠
وصلة مفصلية مغلقة	gekapseltes Gelenk	enclosed joint	١٩١
وصلة نفخ الإطارات	Reifenfüllanschluß	tire inflating connection	٢٥٥
وضع العجلات الأمامية	Stellung der Vorderräder	position of the front wheels	٢٣٤
وضع العجلة	Radstellung	wheel position	٢٣٣
وعاء اصطدام	Pralltopf	baffle pot	٢٤٠
وعاء المرشح	Filtertopf	filter vessel	٢٥٧
وعاء تجميع	Sammelbehälter	collecting basin	١٢٧
وقود ديزل	Dieselkraftstoff	Diesel oil fuel	٩٨
وقود مقاوم للدق (الطقطقة)	klopffester Kraftstoff	antiknock (antidetonant) fuel	٦٦


تكنولوجيا المركبات الآلية